

**Telemetrische Ekg-Untersuchungen
bei alten herz- und kreislaufkranken
Menschen unter Alltagsbelastungen**

von
Albert Heindl
aus
Welden

1972 # 30 6

Aus der Medizinischen Poliklinik
der Universität Erlangen-Nürnberg
Direktor: Professor Dr. med. C. Korth

Telemetrische Ekg-Untersuchungen bei alten herz- und kreislaufkranken Menschen unter Alltagsbelastungen

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt

von

Albert Heindl

aus

Weiden

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät
der Universität Erlangen-Nürnberg



Dekan: Professor Dr.med. G. Koch
Referent: Priv.Do. Dr.med. E. Lang
Korreferent: Professor Dr.med. C. Korth
Tag der mündlichen Prüfung: 28. März 1972

Lehrplan der Schule

1. Klasse

A. Deutsch

1. Leseverstehen

2. Sprachbewusstsein

B. Mathematik

1. Die Zahlenreihe von 0 bis 100

2. Addition und Subtraktion

3. Flächeninhalt und Umfang

4. Zeit

5. Die Einheiten "Länge, Masse, Volumen"

6. Die Einheiten "Temperatur, Zeit"

7. Die Einheiten "Länge, Masse, Volumen, Temperatur, Zeit"

8. Die Einheiten "Länge, Masse, Volumen, Temperatur, Zeit"

9. Die Einheiten "Länge, Masse, Volumen"

Meinen Eltern

10. Die Einheiten "Länge, Masse, Volumen, Temperatur, Zeit"

11. Die Einheiten "Länge, Masse, Volumen, Temperatur, Zeit"

12. Die Einheiten "Länge, Masse, Volumen, Temperatur, Zeit"

13. Die Einheiten "Länge, Masse, Volumen, Temperatur, Zeit"

14. Die Einheiten "Länge, Masse, Volumen, Temperatur, Zeit"

15. Die Einheiten "Länge, Masse, Volumen"

16. Die Einheiten "Länge, Masse, Volumen, Temperatur, Zeit"

17. Die Einheiten "Länge, Masse, Volumen"

18. Die Einheiten "Länge, Masse, Volumen"

C. Englisch

1. Die Begriffe "Länge, Masse, Volumen"

2. Die Begriffe "Länge, Masse, Volumen"

3. Die Begriffe "Länge, Masse, Volumen"

4. Die Begriffe "Länge, Masse, Volumen"

Herrn Professor Dr. C. Korth sage ich herzlichen Dank
für die Möglichkeit, an der Medizinischen Poliklinik
meine Untersuchungen durchführen zu können.

Mein großer Dank gilt Herrn Priv.Do. Dr. E. Lang,
der mir bei der Gestaltung und Ausführung der Arbeit
wertvolle Unterstützung gewährte.

Inhaltsverzeichnis

A. Einleitung	1
B. Methodik	3
1. Untersuchungsgut	3
2. System und Methode	3
C. Ergebnisse	7
I. Die Veränderungen des Kammerendteiles	7
1. Mittelwerte der ST-Senkungen	7
2. Verschiedene Ruheausgangswerte der ST-Strecken	9
3. Häufigkeit "ischämischer" ST-Senkungen	11
4. Veränderungen der T-Wellen	11
II. Herzschlagfrequenzen und benötigte Zeiten	14
1. Mittelwerte der Herzfrequenzen	14
2. Absolute Herzfrequenzanstiege	14
3. Die benötigten Zeiten	16
4. Herzfrequenzen und ST-Strecken	16
5. Herzfrequenzen und Geschlecht	18
III. Rhythmusstörungen	19
IV. PQ-, QRS-, QT-Dauer	21
1. Das Verhalten der PQ-Dauer	21
2. Die Veränderungen der QRS-Dauer und des QRS-Komplexes	22
3. Das Verhalten der QT-Dauer	23
D. Diskussion	25
I. Veränderungen der ST-Strecken und der T-Wellen	25
II. Das Verhalten der Herzschlagfrequenzen	30
III. Rhythmusstörungen	34

IV. Die Dauer der elektrokardiographischen Phasen	36
E. Schlußfolgerung	41
F. Zusammenfassung	42
G. Literaturübersicht	44
H. Anhang mit Tabellen	

E i n l e i t u n g

Das Ekg ist bis heute noch das am häufigsten übertragene physiologische Signal und zwar aufgrund seines hohen Informationsgehaltes bei schmerzloser und relativ einfacher Abnahmemethodik. Ein weiterer wichtiger Vorteil liegt in der Übertragung zweier Informationen auf einem Kanal: der Herzfrequenz und des Ekg-Bildes.

In der Früherkennung und der Erstprävention kardiovaskulärer Erkrankungen (27) hat das Belastungs- oder Leistungs-Ekg seinen festen Platz gefunden, da hier das Ruhe-Ekg in der überwiegenden Zahl der Fälle nicht aussagekräftig genug ist. Die klinische Bedeutung des Belastungs-Ekg wird von vielen Autoren (94, 41, 6, 45, 75, 80) als erwiesen angesehen und sie wird in der Praxis erfolgreich genutzt.

Es ist bekannt, daß das Herz des alternden Menschen wegen der physiologischen Alterungsprozesse gegenüber Belastungen jeglicher Art nicht nur anders, sondern auch empfindlicher reagiert. Eine weitere Einschränkung der Belastbarkeit erfährt es durch die typische Erkrankung des alternden Herzens, die Kardiosklerose, welche die Koronargefäße und das Endokard befällt und deren Folgezustände für den Herzmuskel der Infarkt und die Fibrose sind (89).

Unter diesen Voraussetzungen ist es verständlich, daß Leistungstests im Labor, die ohne Zweifel unentbehrlich für die Funktionsdiagnostik sind, die Gefahr einer Überlastung (19) des gealterten und besonders des "alterskranken" Herzens, für das die Insuffizienzgrenze schnell erreicht ist, in sich bergen. Bis zur Einführung der Telemetrie war man darauf angewiesen, die All-

tagsbelastungen mit Hilfe der verschiedenen Ergometer-
apparate zu simulieren. Erst durch die drahtlose Ekg-
Übermittlung ist es möglich geworden, das Herz unter
der ihm gewohnten Belastungsintensität und -form zu
beobachten.

Es wurde versucht aufzuzeigen, wie sich Herzfrequenz,
Erregungsablauf und Rhythmus bei einem Kollektiv äl-
terer und alter herzkranker Menschen unter Alltagsbe-
lastung, wie sie z.B. ein Spaziergang in gewohnter Um-
gebung darstellt, verhalten.

M e t h o d i k

Untersuchungsgut

Es nahmen 21 Frauen und zehn Männer an den Untersuchungen teil. Sie waren Bewohner eines Altenstifts und hatten sich freiwillig zur Verfügung gestellt.

Wegen der relativ geringen Anzahl der Probanden wurde keine Differenzierung nach Erkrankungen vorgenommen. Die Einteilung erfolgte lediglich nach Altersgruppen:

Gruppe I : 60 - 69 Jahre

Gruppe II : 70 - 79 Jahre

Gruppe III: über 80 Jahre

Die Altersverteilung, die Routine-Ekg-Befunde und die Diagnose der Probanden zeigt Tabelle 1. Das Durchschnittsalter betrug 74,1 Jahre.

System und Methode

Vom Untersuchungszimmer führte der Weg über einen 23 m langen Gang des Wohnstiftes zu einer Treppe, die als eigentlicher Anfang der Belastung gelten kann. An dieser schlossen sich ein ebenes und ein ansteigendes Wegstück an. Die Versuchsstrecke hatte bei Hin- und Rückweg eine Gesamtlänge von 900 m. Weitere Einzelheiten sind aus Abbildung 1 ersichtlich.

Den Probanden wurde erklärt, sie sollten das Schrittempo so wählen, wie sie es normalerweise zu tun pflegen. Die Wegstrecke war bekannt, da sie von den meisten zum täglichen Spaziergang benutzt wurde.

Das Ekg wurde bipolar als Ableitung CM 5 (61, 10, 75) abgenommen, wobei sich die Nullpunktelektrode über der Mitte des Sternums befand. Diese Ableitung hat

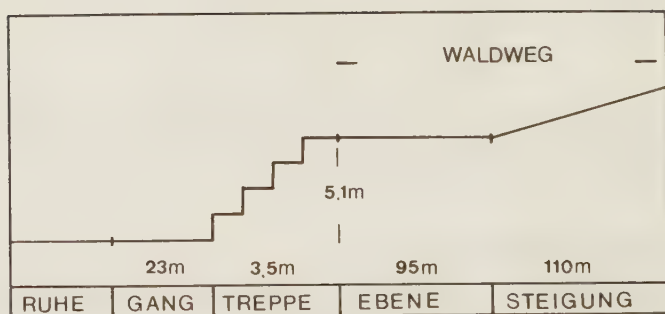


Abbildung 1: Das schematisierte Profil der Versuchsstrecke

sich in der Ekg-Telemetrie sehr gut bewährt: zum einen werden die Herzmuskelpotentiale am wenigsten durch Potentiale der bewegten Extremitätenmuskulatur gestört, und zum anderen entspricht ihr Kurvenbild in etwa der Wilsonableitung V 5 (61, 16), wodurch der Vergleich mit einer der üblichen Ableitungen möglich ist.

Benützt wurden Klebeelektroden mit Elektrodencreme und die ableitenden Kabel wurden mit Pflaster fixiert, um induktive Störungen zu vermeiden und um die volle Bewegungsfreiheit zu gewährleisten.

Die gewonnenen Impulse funkte ein kleiner einkanaliger Telemetriesender, der etwa 450 g wog, und den die Probanden über der Kleidung auf den Rücken geschnallt trugen, zum Empfangsteil der Anlage. Diese bestand aus einem UHF-Empfänger mit Demodulator und eingebautem Oszilloskop und war in den Räumen der Abteilung für Geriatrie der Medizinischen Universitäts-Poliklinik aufgebaut. Angeschlossen war ein Magnetbandgerät, auf dem das Ekg und synchron Informationen, die eine Begleitperson über ein Funksprechgerät gab, aufgenommen wurden. Mittels dieser Funksprechanlage waren die Begleitperson und der Beobachter am Empfangsgerät in ständigem Kontakt, und Anweisungen technischer Art beispielsweise konnten vom Probanden sofort ausgeführt werden. Ebenso war es möglich, subjektive Beschwerden der Probanden und Angaben für die Zeitmessung zu Protokoll zu geben (Abbildung 2).

Für die spätere Auswertung wurde das gespeicherte Ekg über ein Registriergerät auf Papier aufgezeichnet. Die Interpretation des Ekg-Bildes erfolgte, da dies erfahrungsgemäß möglich ist (70), nach den Kriterien wie sie für das Arbeits-Ekg (39) oder Belastungs-Ekg (50) beschrieben worden sind.

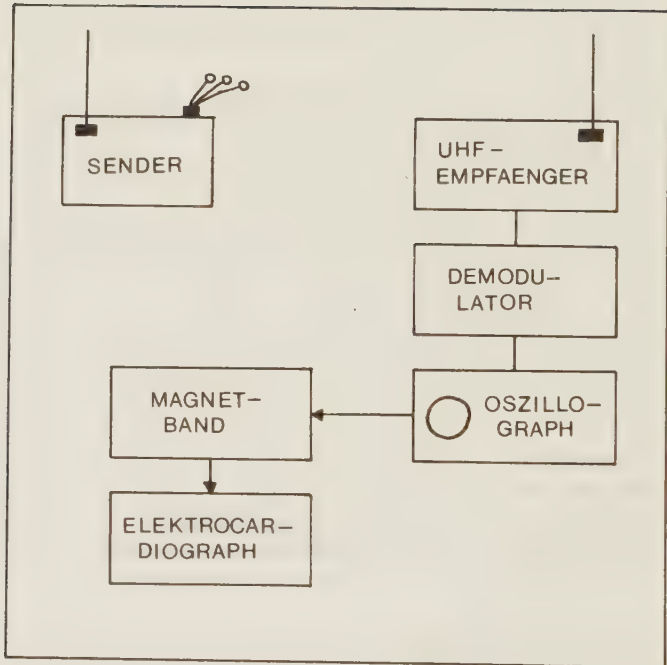


Abbildung 2: Schematischer Aufbau der Telemetrie-Anlage.

E r g e b n i s s e

Die Einzelbefunde im Telemetrie-Ekg werden in den Tabellen 2 bis 10 im Längsschnitt dargestellt. Außerdem sind die Herzfrequenzmittelwerte angegeben.

Im Vordergrund der Auswertungen standen die Veränderungen des Kammerendteiles, die Herzfrequenz, Extrasystolen sowie noch die Zeiten einzelner Kurvenabschnitte.

1. Die Veränderungen des Kammerendteiles

1. Das Mittelwertverhalten der ST-Senkungen in den drei Altersgruppen ist in Abbildung 3 veranschaulicht. Die zugrundeliegenden Werte umfassen auch Senkungen von nur 0,05 mV, mit der Absicht, ein repräsentatives Bild zu schaffen, welches eine Übersicht über das ST-Verhalten aller Probanden bietet.

Auffallend ist, daß die Werte der Gruppe I (60 - 69 Jahre) in allen Testsituationen deutlich unter denen der beiden älteren Gruppen liegen, die doppelt, teilweise dreimal so hoch sind. Außerdem überschreiten sie nur im Abschnitt Steigung die 0,10 mV-Grenze.

In dieser Phase der stärksten Belastung hat die Ausbildung der ST-Senkung in den Gruppen II und III ein gleich hohes Niveau erreicht (0,22 mV) und ist durchschnittlich um 0,09 mV ausgeprägter als in der jüngsten Altersklasse.

Die am stärksten verzögerte Rückbildung der ST-Senkungen nach Belastung ist in der ältesten Gruppe festzustellen; sie hat jedoch ebenso wie in den beiden jüngeren Kollektiven nach drei Minuten Erholung den Ausgangswert vor Belastung wieder erreicht.

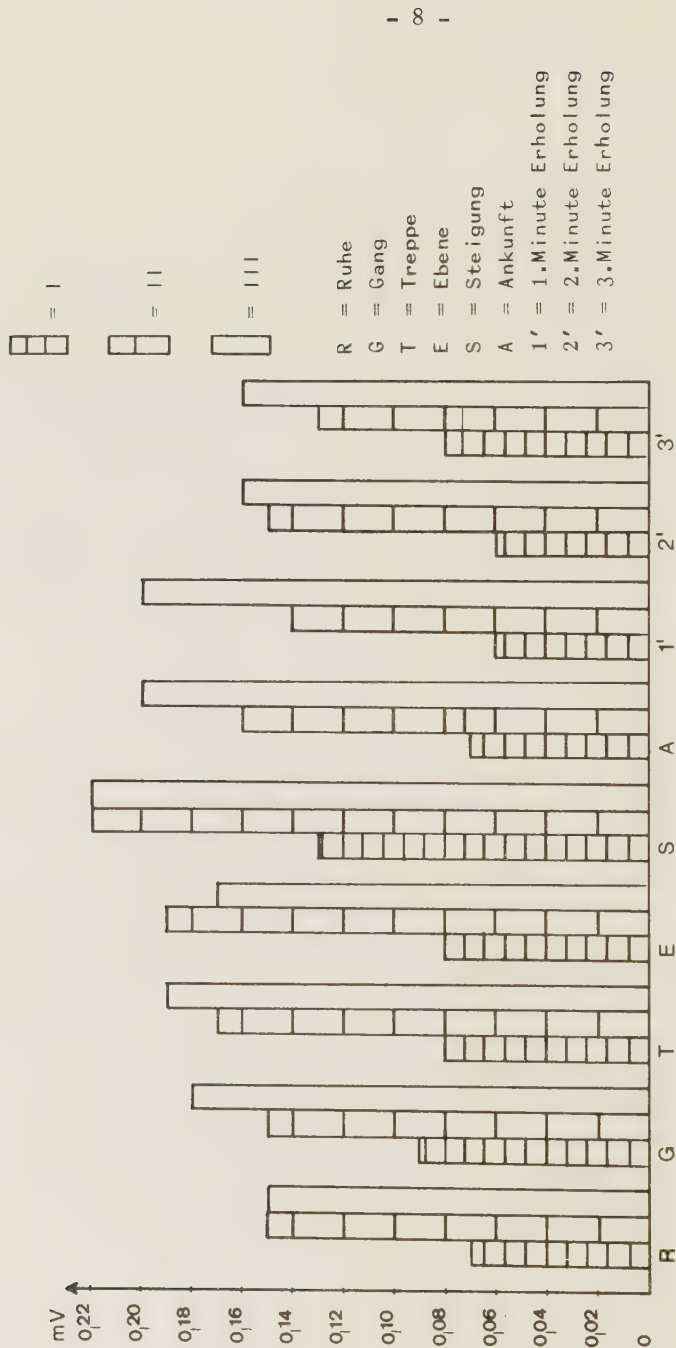


Abbildung 3: Mittelwerte der ST-Senkungen (mV) im Telemetrie-Ekg.

2. Ein weiterer Aspekt, unter dem die Werte der ST-Senkungen betrachtet wurden, waren die verschiedenen Ruheausgangswerte. Es ließen sich, ausgehend vom Routine-Ekg und vom Telemetrie-Ekg, je zwei Gruppen unterscheiden:

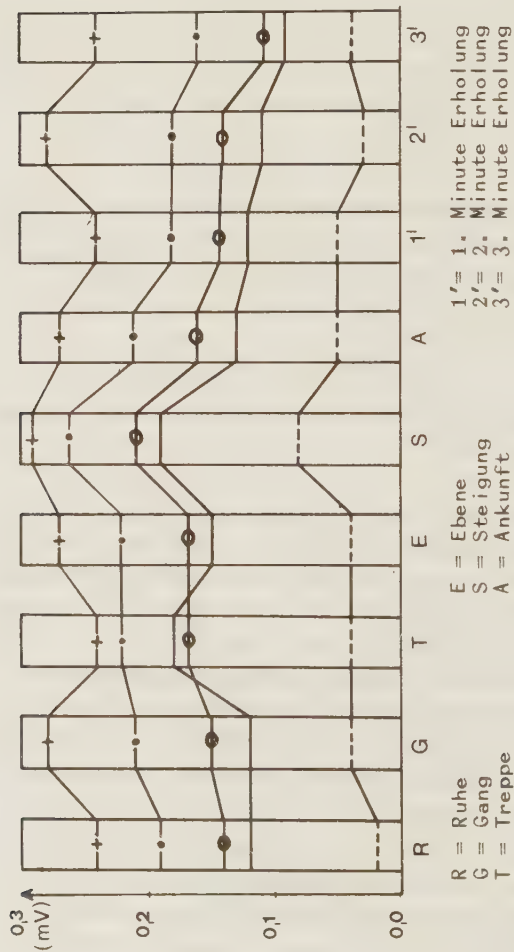
1a: keine oder geringe ST-Senkungen im Routine-Ekg	n=24	n=30*
1b: stärkere ST-Senkungen im Routine-Ekg	n= 6	
2a: keine oder geringe ST-Senkungen im Telemetrie-Ekg bei Ruhe	n= 8	n=30*
2b: ST-Senkungen von mindestens 0,1 mV im Telemetrie-Ekg bei Ruhe	n=22	

* Die Werte der Probandin K.CH. wurden bei dieser Einteilung nicht berücksichtigt, da sie sonst in zwei Gruppen vertreten gewesen wäre.

Erwartungsgemäß liegen die Werte der Gruppen 1a und 2b zwischen den stark differierenden Werten von 1b und 2a (Abbildung 4). Erstere umfassen die Mehrzahl der Probanden abzüglich je einer Gruppe mit geringen (2a) bzw. hohen (1b) ST-Senkungen.

Der auffallendste Befund in dieser Gegenüberstellung ist die Tatsache, daß bei den Probanden, die bereits im Routine-Ekg ST-Senkungen aufwiesen (1b), um 0,06 - 0,16 mV größere ST-Senkungen registriert wurden, als in der entsprechenden Vergleichsgruppe (1a).

Bei den acht Probanden der Gruppe 2a, die im Telemetrie-Ekg bei Ruhe keine oder nur geringe ST-Senkungen hatten, verstärkten sich diese auch während Belastung nicht sehr. Für Gang, Treppe und Ebene erga-



Erläuterung siehe
Text S. 9

Abbildung 4: Mittelwerte der ST-Strecken (mV) von 4 Gruppen, die unterschiedliche ST-Befunde im Routine-Ekg bzw. im Telemetrie-Ekg bei Ruhe aufwiesen.

ben sich immer die gleichen Werte, den höchsten Mittelwert (0,08 mV) und damit einzigen Gipfel in der Kurve erreichten sie am Ende der Steigung. Im Gegensatz dazu weisen die sechs Probanden der Gruppe 1b schon im Routine-Ekg diagnostizierbare ST-Senkungen auf und die Werte unter Belastung waren höher als die jeder anderen Gruppe.

3. In Tabelle 11 ist aufgeführt, mit welcher Häufigkeit in den einzelnen Altersgruppen unter Belastung "ischämische" ST-Senkungen ($\geq 0,10$ mV) zusätzlich zu den jeweiligen Ruhewerten auftraten.

Die drei Gruppen zeigen eine nahezu symmetrische Häufigkeitsverteilung mit dem Maximum während der Steigung. In den Gruppen I und III ließen sich die ersten Zunahmen von mindestens 0,10 mV schon während des Gangstückes registrieren, bei Gruppe II war es erst nach der Treppe der Fall.

Schon nach der ersten Minute Erholung war bei den Probanden des jüngsten Kollektivs eine ST-Senkung, die mindestens 0,10 mV unter den Ruhewerten lag, nicht mehr feststellen, bei den beiden älteren Gruppen dauerte es bis nach der zweiten Minute.

Abgesehen von diesen, eher geringgradigen, altersabhängigen Unterschieden konnten keine weiteren Differenzen zwischen den Altersklassen beobachtet werden.

4. Bei sieben Probanden fanden sich im Telemetrie-Ekg in Ruhe negative T-Wellen unterschiedlichen Ausmaßes (0,1 - 0,7 mV), und bei zehn abgeflachte T-Wellen (0,05 mV), die bei einem Probanden bis zur Nulllinie reichte. Bis zum Abschnitt Steigung nahm die T-Wellen-Abflachung (ΔT) gegenüber den Ruhewerten linear zu und erreichte dort einen maximalen Wert

von 65 Prozent. Im Laufe des Rückweges bildeten sich diese Veränderungen wieder weitgehend zurück und nach der dritten Minute Erholung betrug T im Gesamtkollektiv nur noch 4 Prozent.

Die Darstellung der durchschnittlichen Abflachung von T in Prozent gegenüber dem Ausgangswert geschah in Abbildung 5. Die Anzahl der Fälle von T-Wellenveränderungen mit weiterer Unterscheidung nach den verschiedenen Formen, besonders Inversion und Abflachung ursprünglich negativer T-Wellen, ist in Tabelle 12 angegeben.

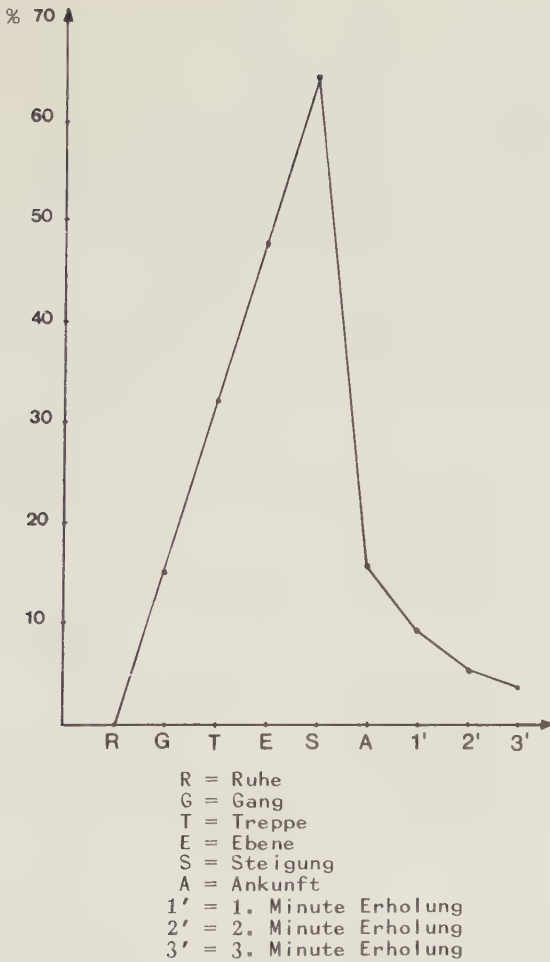


Abbildung 5: Darstellung der durchschnittlichen Abflachung von T (ΔT) in Prozenten gegenüber von Ruheausgangswerten.

II. Herzfrequenz und benötigte Zeit

1. Die Mittelwerte der Herzfrequenzen

Bei der Berechnung der Mittelwerte ($\bar{m}$) und deren mittlerer Fehler ($3S$) ergaben sich für die Altersklassen in keiner Phase des Tests signifikante Unterschiede (Tabelle 13).

Die Ruhewerte der drei Gruppen, besser als Ausgangs- oder Erwartungsfrequenzen bezeichnet, weichen nur minimal voneinander ab; differieren während Belastung jedoch bis zu fünf Schlägen/min. (Abbildung 6).

Die Werte der über 80-jährigen liegen in den Phasen der eigentlichen Belastung (Treppe, Ebene und Steigung) stets unter denen der beiden jüngeren Gruppen, bei abnehmender Belastung und in den Erholungsminuten zwischen den Werten der Gruppen I und II.

Nach der Steigung wurden die höchsten Frequenzen des gesamten Versuchs gemessen, und zwar betrug der durchschnittliche Anstieg 30 - 33 Schläge in der Minute. Schon nach einminütiger Erholung waren sie wieder annähernd zu den Ruhewerten zurückgekehrt und lagen mit fünf Schlägen/min. nur noch gering darüber.

2. Absolute Herzfrequenzanstiege

Die Frequenzanstiege (ΔF) der Einzelwerte (Tabelle 14) weisen innerhalb der Gruppen erhebliche Streubreiten auf, wobei allerdings in jeder Gruppe und Belastungsphase die limitierenden Werte meist von denselben Probanden stammen. Diese Grenzwerte lassen weder in ihrer Spanne, noch in der Größe der oberen und unteren Werte wesentliche altersabhängige Unterschiede erkennen. Die einzige Ausnahme

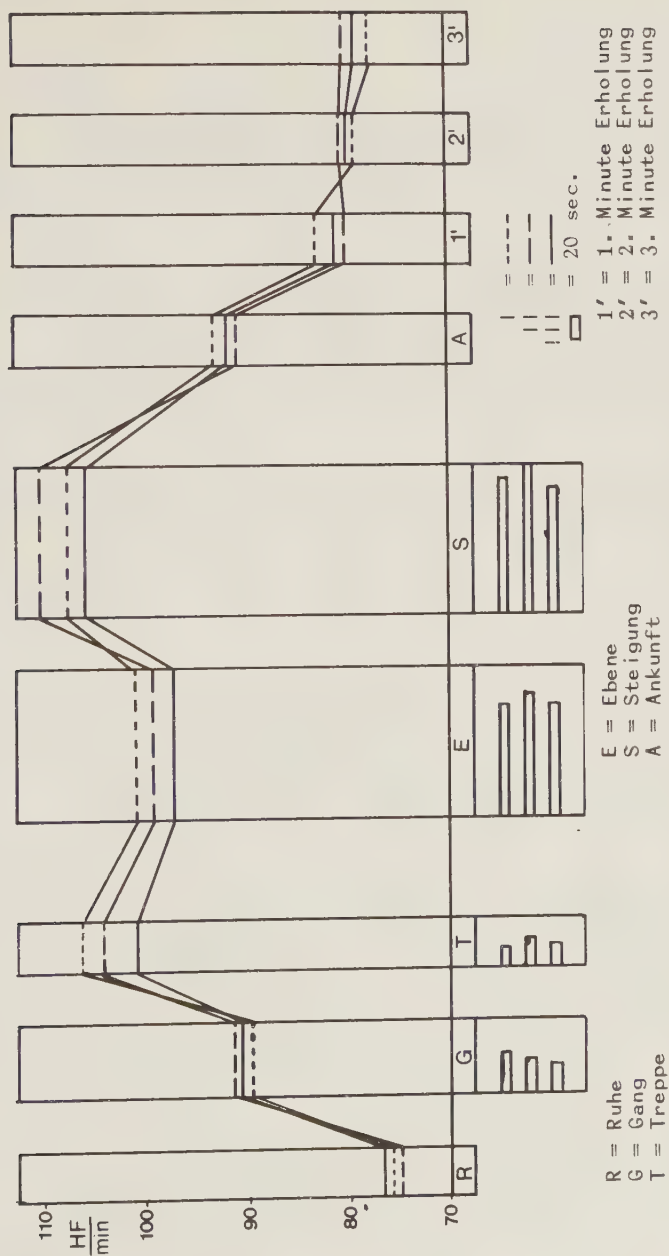


Abbildung 6: Das Mittelwertverhalten der Herzfrequenzen (HF/min) während des gesamten Testverlaufs und die von jeder Altersgruppe benötigten Zeiten.

ergibt sich bei Gruppe II: während der Ebene ist der niedrigste Wert der Herzfrequenzsteigerung um 25 bzw. 18 Schläge in der Minute kleiner als in den beiden anderen Kollektiven.

3. Die benötigte Zeit

Die Mittelwerte der Zeiten, welche in den einzelnen Testabschnitten gemessen wurden sind ebenfalls in Abbildung 6 dargestellt.

Bei fortlaufender Zeitmessung ergeben sich folgende Mittelwerte:

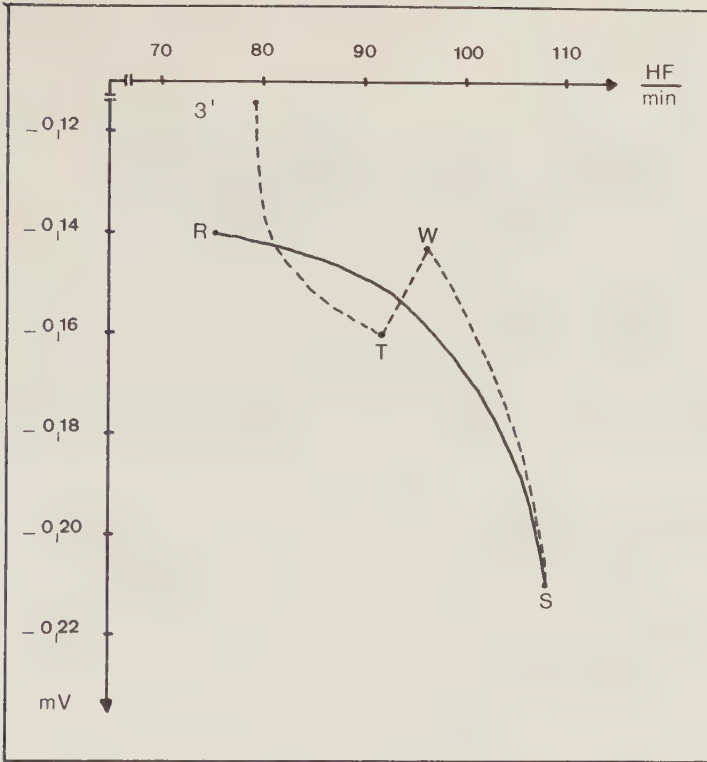
<u>Es erreicht die:</u>	<u>Treppe</u>	<u>Ebene</u>	<u>Steigung</u>	<u>Ankunft</u>
Gruppe I nach:	36"	4'19"	7'27"	14'47"
Gruppe II nach:	33"	3'56"	7'42"	15'54"
Gruppe III nach:	32"	3'12"	6'42"	14'53"

Die älteste Gruppe erreicht die Abschnitte Treppe, Ebene und Steigung in der kürzesten Zeit und ist bei deren Durchgehen auch nur gering langsamer als die anderen Gruppen; für die Steigung benötigt sie im Mittel sogar vier bzw. vierzehn Sekunden weniger.

4. Herzfrequenz und ST-Strecke

Mit steigender Herzfrequenz sinkt die ST-Strecke (Abbildung 7). Nachdem das ansteigende Waldstück durchgangen war betrug die ST-Senkung 2,1 mV und die Herzfrequenz erhöhte sich von 75 auf 110 Schläge in der Minute; es ergeben sich damit Veränderungen von 0,7 mV bzw. 35 Schläge/min. gegenüber den Ausgangswerten.

In der Erholungsphase ist die ST-Strecke im Vergleich zur Herzfrequenz weniger gesenkt als während der Belastung. Der in Abbildung 7 auftretende Knick fällt



R = Ruhe
T = Treppe
— = Hinweg

S = Steigung
W = Wohnstift
--- = Rückweg

Abbildung 7: Das Verhalten von Herzfrequenz (HF/min) und ST-Senkung während des gesamten Testverlaufs.

zeitlich zusammen mit dem Wiederbetreten des Hauses, dem Abwärtssteigen der Treppe und dem Durchschreiten des Ganges, der zum Untersuchungszimmer führt (Ankunft).

Außer der schon erwähnten Tatsache, daß den beiden älteren kollektiven stärkere ST-Senkungen sich ausbildeten als in der jüngsten Gruppe, ließen sich in der Korrelation von Herzfrequenz und ST-Strecke in den Altersklassen keine wesentlichen Unterschiede erkennen.

5. Herzfrequenz und Geschlecht

In Ruhe vor Belastung hatten die weiblichen Probanden eine um 8,5 Schläge/min. höhere Ausgangsfrequenz. Dieser Unterschied wurde während Belastung durch größere Steigerungsbeträge der Männer kontinuierlich kleiner; nach der Steigung war deren mittleres Frequenzniveau sogar um 0,4 Schläge/min. höher. Nach der Belastung sank die mittlere Frequenz der männlichen Probanden schneller ab als die der weiblichen, stieg jedoch in der dritten Minute Erholung noch einmal an, so daß sie abschließend um 1,2 Schläge/min. höher war.

III. Rhythmusstörungen

Die Einzelbefunde aus den Telemetrie-Ekg sowie ihr zeitliches Auftreten sind in Tabelle 15 den Befunden aus den Routine-Ekg gegenübergestellt.

Der Vergleich zeigt, daß bei sieben Probanden vom Routine-Ekg her Rhythmusstörungen bekannt waren und daß diese auch im Telemetrie-Ekg auftraten - zum Teil kamen noch andersartige hinzu - daß aber bei weiteren acht Probanden Reizbildungsstörungen nur mit Hilfe der Radioelektrokardiographie registriert werden konnten.

Bei den Extrasystolen handelte es sich dreimal um supraventrikuläre, in der Mehrzahl aber um ventrikuläre, die stets monoton, fünfmal links- und viermal rechtsventrikulären Ursprungs und monomorpher Art waren. Beide Formen traten nie in Salven oder Ketten auf, und nur bei einem Probanden konnte während der Steigung eine ventrikuläre Trigeminie beobachtet werden, die sich nach kurzem Intervall noch einmal wiederholte.

Die Frage, ob die Seitenlokalisation der Extrasystolen eine bestimmte Altersverteilung beinhaltet, kann nicht eindeutig beantwortet werden, wie das Ergebnis, in der Reihenfolge der Altersklassen aufgezählt, zeigt: linksventrikulären Ursprungs 1:4:0, rechtsventrikulären Ursprungs 1:1:2. Auch in der Art und Häufigkeit ihres Auftretens ließen die Rhythmusstörungen keine Bevorzugung einer bestimmten Altersgruppe erkennen. In sechs Fällen waren Rhythmusstörungen verschiedener Art vergesellschaftet: dreimal handelte es sich um Vorhofflimmern bzw. -flattern mit vereinzelt ventrikulären Extrasystolen, einmal um Vorhofflimmern mit paroxysmaler Sinustachykardie. Bei zwei Probanden kamen zu einer vorherrschenden Sinusarrhythmie einmal eine supraventrikuläre paroxysmale Tachykar-

die und eine supraventrikuläre Extrasystole hinzu und im anderen Fall waren es vereinzelte ventrikuläre Extrasystolen.

Bei der Hälfte der beobachteten Schenkelblockbilder traten außerdem Rhythmusstörungen in Form von ventrikulären Extrasystolen auf und bei vier Probanden waren Reizbildungsstörungen mit auffälligen Veränderungen der übrigen Parameter kombiniert: einmal wurde ein überdurchschnittlicher Herzfrequenzanstieg, in je einem Fall QRS- und PQ-Dauer-Verlängerungen und einmal eine außerhalb des Normbereiches liegende QT-Dauer registriert. Bei fünf Probanden war zum Zeitpunkt des Auftretens der Rhythmusstörungen oder kurz vorher die ST-Strecke um 0,15 mV gesenkt.

IV. PQ-, QRS-, QT-Dauer

1. Das Verhalten der PQ-Dauer

Die Ruhewerte liegen im allgemeinen innerhalb des Normbereichs von 0,12 - 0,20 sec und nur zweimal sind sie mit 0,10 sec und 0,08 sec verkleinert und einmal mit 0,22 sec gering vergrößert.

Unter Belastung erfährt die PQ-Dauer bei mehr als der Hälfte der Probanden Veränderungen mit dem zahlenmäßigen Übergewicht auf Seiten der Verkürzung. Die Häufigkeitsverteilung zeigt ein recht typisches belastungsadäquates Verhalten mit den beiden Maxima über den Abschnitten Treppe und Steigung und erinnert damit an das Kurvenprofil der mittleren Herzschlagfrequenzen. Die Anzahl der Verlängerungen zeigt ebenfalls einen mit der Belastung zu- und abnehmenden Verlauf, erreicht jedoch ihren Häufigkeitsgipfel bereits während des ebenen Wegstückes (acht Fälle) und ist in den Abschnitten Ankunft und nach einer Minute Erholung sogar größer als die Anzahl der Verkürzungen (7:5). Der stärkste zahlenmäßige Anstieg ist für beide Veränderungen im Übergang von Ruhe zur Bewegung zu verzeichnen.

Hinsichtlich des Verhältnisses von Verkürzung zu Verlängerung weisen die drei Gruppen keine wesentlichen Unterschiede auf, lediglich während Treppe und Steigung werden relativ weniger Verkürzungen der PQ-Zeit in der ältesten Gruppe registriert. Bei ihr bleiben auch während des gesamten Testverlaufs die PQ-Zeiten am konstantesten.

Die Veränderungen der durchschnittlichen PQ-Dauer in den drei Altersklassen ist in Tabelle 16 wiedergegeben.

Bei dem in Ruhe beobachteten AV-Block 1. Grades verkürzt sich unter Belastung die PQ-Dauer von ursprünglich 0,22 sec auf 0,12 sec, wobei gleichzeitig ein Frequenzanstieg von 55 Schlägen/min. auf 104/min. erfolgte. Nach zwei Minuten Erholung haben sich die Ausgangswerte wieder nahezu eingestellt: 0,2 sec und 60 Schläge in der Minute.

2. Die Veränderungen der QRS-Dauer und des QRS-

Komplexes

Auch bei der QRS-Dauer bewegen sich die Ruhewerte innerhalb des Normbereiches (0,06 - 0,10 sec), jedoch liegen sie eher an dessen oberer Grenze, die außer bei den Schenkelblockbildern nur noch einmal mit 0,12 sec überschritten wurde. Diese Verlagerung in den oberen Normbereich war besonders bei der ältesten und etwas geringer bei der mittleren Gruppe ausgeprägt, was sich anhand der Mittelwerte leicht feststellen läßt (Tabelle 17).

Während der Belastungsphasen veränderte sich die QRS-Dauer gegenüber den Ruhewerten bei 21 Probanden. In den Gruppen I und II verkürzte sie sich im wesentlichen, während es bei der ältesten Gruppe eher zu Verlängerungen der QRS-Dauer kam.

Nach Belastung, besonders augenfällig trat es in den ersten beiden Minuten der Erholung hervor, stieg die Zahl der Fälle von QRS-Verlängerungen in allen drei Altersstufen an; am stärksten war dieses Verhalten jedoch in Gruppe III (über 80 Jahre) zu beobachten, so daß eine gewisse Altersabhängigkeit angenommen werden darf.

Im einzelnen blieb die QRS-Dauer nach dem anstrengsten Teil der Untersuchung, der Steigung, bei neun Probanden unverändert, sechzehnmal war sie

durchschnittlich 0,015 sec kürzer und fünfmal 0,02 sec länger als die entsprechenden Ruhewerte. Nach drei Minuten Erholungspause bot sich folgendes Bild: bei acht Versuchspersonen unverändert, nur noch neunmal verkürzt (0,012 sec), dagegen neunmal verlängert.

Bei der Berechnung der Mittelwerte für Tabelle 17 wurden zwei komplette Schenkelblockbilder nicht berücksichtigt, denn angesichts der geringen Probandenzahl bräuchten sie eine zu starke Verzerrung des Ergebnisses mit sich.

Diese beiden Fälle wären ein persistierender kompletter Linksschenkel- und Wilsonblock.

Als weitere Formen intraventrikulärer Leitungsstörungen können je zwei inkomplette Links- und Rechtsschenkelblockbilder genannt werden, wobei sich von den letztgenannten eines erst unter Belastung entwickelte und nach drei Minuten Erholung immer noch zu sehen war.

3. Das Verhalten der QT-Dauer

In Ruhe vor Belastung liegen die korrigierten QT-Zeiten von fünf Probanden (alle Gruppe II) im Sinne einer Verlängerung außerhalb des Normbereiches; im entgegengesetzten Sinne wurde er nur einmal überschritten.

Die Häufigkeit der Veränderungen gegenüber den Ausgangswerten nahm bis zur Steigung zu. In dieser Phase waren dann die Werte aller Probanden betroffen. Dabei war während Belastung die Zahl der Verlängerungen der QT-Dauer eindeutig größer als die der Verkürzungen. Nach drei Minuten Erholung hatte sich allerdings das Verhältnis mit jeweils elf Fällen ausgeglichen.

Nach der Steigung haben 12 Werte den unteren Grenzbereich verlassen, davon waren bei drei Probanden schon die Ruhewerte verlängert.

Hinsichtlich der Altersabhängigkeit des QT-Verhaltens resultieren bei steigender Belastung keine deutlichen Unterschiede, jedoch läßt sich in der Erholungsphase eine zahlenmäßige Zunahme der QT-Verlängerung bei 60 - 70 und 70 - 80-jährigen feststellen, wogegen bei über 80-jährigen eine solche Reaktion der QT-Dauer fehlt.

D i s k u s s i o n

1. Veränderungen der ST-Strecke und der T-Welle

Für die Erkennung einer beginnenden Koronarinsuffizienz, die oft in Ruhe wegen der noch ausreichenden Sauerstoffversorgung des Herzmuskels latent bleiben kann und sich erst unter Belastung manifestiert, stellt die Registrierung des Elektrokardiogramms unter diesen Bedingungen einen deutlichen Fortschritt dar, da "ein pathologisches Ruhe-Elektrokardiogramm sie nicht beweist, ein normales Ruhe-Elektrokardiogramm sie nicht ausschließt." (23). Dabei gilt nach Meinung maßgeblicher Autoren das Auftreten von ST-Senkungen mit deszendierendem oder horizontalem Verlauf als das entscheidende Kriterium; weniger von Bedeutung seien T-Wellenabflachung, Veränderungen der elektrokardiographischen Phasen oder Rhythmusstörungen (39, 76, 35, 72).

Die Beurteilung der ST-Strecke im Elektrokardiogramm des alten Menschen kann nach BÜRGER (15) nach den gleichen Kriterien und Maßstäben wie sie bei jüngeren Altersklassen üblich sind, geschehen. In den Anfängen der Elektrokardiogramm-Registrierung während Belastung wertete man schon ST-Senkungen von 0,05 mV als Zeichen einer Mangeldurchblutung des Myokards (54). Diese Art der Beurteilung wurde revidiert, als man die Zahlen der falsch positiven Ergebnisse als zu groß erkannte. Durch das Anlegen strengerer Maßstäbe, es wurde 0,1 mV als obere Grenze der Norm festgelegt, konnte der größte Teil der falsch positiven Ergebnisse eliminiert werden (52, 21, 56, 57, 58).

Aufgrund umfassender Untersuchungen über einen Zeit-

raum von zehn Jahren fand ROBBS (73) eine deutlich höhere Todeszahl bei Personen, die eine deszendierende, muldenförmige oder horizontale Form der ST-Senkung im Belastungs-Elektrokardiogramm aufgewiesen hatten, als bei ascendierender Form oder normalem Belastungs-Ekg.

Man ist jetzt allgemein zu der Auffassung gelangt, daß die Konfiguration der ST-Strecke entscheidender sei als ihr Ausmaß. ROSKAMM (77) rechnet jedoch wegen beobachteter Unterschiede bei vergleichenden ergospirometrischen Untersuchungen einer ascendierenden ST-Senkung (junction typ) zumindest im Alter einen gewissen Krankheitswert zu.

Berücksichtigt man die relativ stark ausgeprägten ST-Senkungen in Ruhe nicht, sondern bewertet ausschließlich die unter Belastung aufgetretenen sog. ischämischen ST-Senkungen, so ergaben sich in der Häufigkeit ihres Vorkommens nur geringe altersabhängige Unterschiede (Tabelle 11). Die in der jüngsten Gruppe schneller einsetzende Rückbildung der ST-Senkungen wird ihre Ursachen, neben einer möglicherweise besseren Erholungsfähigkeit, auch darin haben, daß die ST-Senkungen stets nur die Hälfte des Ausmasses der beiden älteren Kollektive erreicht hatten.

Aus dieser belastungsadäquaten Rückbildung der ST-Senkungen, die schon während des Rückweges einsetzte und nach drei Minuten Erholung wieder zu den Ausgangswerten gelangt war, kann geschlossen werden, daß für die Entwicklung der ST-Senkungen unter Belastung orthostatische oder vegetative Einflüsse (35) keine ausschlaggebende Rolle spielten.

Häufig wird ein Verschwinden von ST-Senkungen innerhalb einer halben Minute nach Belastung beschrieben und als Ausdruck einer beginnenden Koronarinsuffi-

zienz gewertet (19, 80, 94, 45). Ein solches Verhalten konnte hier aus einem einfachen Grunde nicht festgestellt werden: die Belastung wurde nicht schlagartig beendet, sondern verringerte sich bis zur Ankunft langsam in ihrer Intensität.

Senkungen der ST-Strecke von mindestens 0,1 mV während und nach Belastung wurden in gleicher Häufigkeit sowohl bei denjenigen, die im Routine-Elektrokardiogramm gesenkte ST-Strecken aufwiesen, als auch bei denen, die dort keine zeigten, beobachtet. Es konnten also bei der Hälfte der Probanden erstmals, durch Belastung und mit Hilfe telemetrischer Übertragung, ST-Veränderungen aufgezeigt werden, die pathognomonisch für eine Mangel durchblutung des Herzens sind.

Insgesamt war bei 16 der 31 Probanden eine solche Belastungsreaktion (im Sinne einer myokardialen Ischämie) festzustellen. MATZDORFF (61) erhielt unter Langzeit-Ekg-Registrierung von Patienten mit verschiedenen Herzerkrankungen (Myokardinfarkte, Koronargefäßerkrankungen, unterschiedliche Herzerkrankungen) weniger positive Befunde, wobei die Infarktpatienten am häufigsten ST-Senkungen aufwiesen. Über ähnliche Ergebnisse, bei Langzeit-Beobachtung berichtet SCHMIDT (82), der das Untersuchungsgut auch nach den oben beschriebenen Gesichtspunkten unterteilte.

Da von beiden Autoren keine speziellen Altersangaben gemacht werden, einmal ist ein Kollektiv 30 - 60-jähriger erwähnt worden, darf vermutet werden, daß es sich bei den Patienten um Angehörige mittlerer bis älterer Jahrgänge handelte. Die Diagnosen, Methoden und Belastungsformen (ebene Wege, leichte Steigungen und Treppen) in oben genannten und in vorliegender Untersuchung sind gut vergleichbar; unterschiedlich wird - wahrscheinlich - das jeweilige Durchschnittsalter

sein, das hier als höher angesetzt werden darf und möglicherweise den größeren Prozentsatz an ST-Senkungen erklärt. In diesem Zusammenhang sei auf die Ergebnisse von ASTRAND (2) verwiesen, die bei Nachuntersuchungen über einen Zeitraum von zehn Jahren in keinem einzigen Fall geringere ST-Senkungen als vorher beobachten konnte.

Enge Beziehungen zwischen "ischämischen" ST-Senkungen, die im Leistungs-Ekg und beim Angina-pectoris-Anfall registriert wurden und angiographischen wie pathologisch-anatomischen Veränderungen der Koronarien, haben Untersuchungen der letzten Zeit erbracht (66, 11, 75, 59). Die sich daraus ergebende prognostische Bedeutung konnte von verschiedenen Autoren (42, 78, 2) bestätigt werden; in Nachuntersuchungen war die Zahl der Komplikationen von Seiten des Herzens (z.B. Infarkt) bei vorausgegangenem positiven Belastungs-Ekg stets signifikant höher.

Unter diesen Gesichtspunkten, die dann eine gezielte Therapie einleiten sollen, ist es notwendig, die gewonnenen Ergebnisse nicht kritiklos zu übernehmen. Es ist zu eruieren, ob vorher eine Digitalis- oder Chinidinmedikamentation erfolgte, wie es hier bei einigen Probanden der Fall war; weiter ist zu bedenken, daß bei diesem bipolaren Ableitungsverfahren mit nur einer Ableitung ST-Strecken und T-Wellen sehr variabel sind, was insbesondere die Untersuchungen GILSON's (25) gezeigt haben. Bei einer Beurteilung werden daher auch andere Ekg-Veränderungen und der gesamte klinische Befund zu berücksichtigen sein.

Gering war die Zahl der subjektiven Beschwerden: einmal klagte ein Proband über Wadenschmerzen und zweimal zwang Atemnot zu einer kurzen "Verschnaufpause"; eine Koinzidenz mit auffälligen Befunden im Ekg bestand al-

lerdings nicht. Es ist auch weiter nicht verwunderlich, daß sich nie eine deutliche pektangiose Symptomatik entwickelte, wenn man bedenkt, daß - wie bereits erwähnt - die meisten Probanden auf diesem Weg ihre täglichen Spaziergänge unternahmen.

Dieses Vertrautsein mit der Umgebung und die Besonnenheit des Alters werden sicher eine Rolle gespielt haben, daß solchermaßen limitierende Faktoren nicht in Erscheinung traten.

Die in Relationsprozenten dargestellte Depression der T-Welle zeigt unter Belastung den gleichen linearen Anstieg, wie ihn KLEPZIG (45) bei Patienten mit Kreislaufregulationsstörungen und organisch Herzkranken in allerdings weit höherem Maße feststellte (Abbildung 5).

Aufgrund zahlreicher systematischer Untersuchungen besteht entgegen den früheren Beobachtungen Übereinstimmung darüber, daß T-Wellenabflachungen bis zur Nulllinie keine pathologische Belastungsreaktion darstellen (85, 60, 44, 31, 43). Es ist bekannt, daß zahlreiche unspezifische Faktoren wie Mahlzeiten, Hyperventilation, Glykoside und psychische Einflüsse T-Wellen abzuflachen, sogar zu negativieren vermögen (46). Außerdem sind nach BÜRGER (15) im Ekg 60 - 70-jähriger in 22 Prozent und 70 - 80-jähriger in 36 Prozent die T-Wellen schon in Ruhe flach oder isoelektrisch. Auch hinsichtlich der prognostischen Bedeutung konnte keine Korrelation zwischen mäßigen T-Wellenveränderungen und späterer Erkrankung an einem Koronarleiden gefunden werden (13).

Die in fünf Fällen vorgefundenen Inversionen der T-Welle können als möglicherweise pathologisch eingestuft werden, da sie jenseits der Adaptionphase nicht verschwinden, sondern sich noch verstärken (62, 72).

Unklar bezüglich ihrer diagnostischen Aussagefähigkeit bleiben die unter Belastung zweimal beobachteten Positivierungen einer in Ruhe negativen T-Welle. REINDELL (72), FLEISCH (20) und MEERKAMM (62) deuten sie als Ischämiereaktion, während REICHENBACH (70) darin einen Hinweis für eine Vergrößerung des Herzschlagvolumens unter Belastung sieht.

11. Das Verhalten der Herzschlagfrequenz

Seit den Untersuchungen MÜLLER's (68) läßt sich die Herzfrequenz mit gewissen Einschränkungen als Parameter der Herz-Kreislaufbeanspruchung verwenden (9, 71, 87). Für die Aufgabe, die den jeweiligen Bedürfnissen angepaßtes Blutvolumen zu fördern, stehen dem Herzen die beiden Faktoren Schlagvolumen und Frequenz zur Verfügung; nun vertritt insbesondere SJÖSTRAND (87) die Ansicht, daß dabei dem Schlagvolumen nur eine untergeordnete Rolle zuzuordnen sei. Eine ähnliche Bedeutung misst MELLEROWICZ (64) der Herzfrequenz bei. Er geht davon aus, daß der Sauerstoffverbrauch bei physikalisch und biologisch gleicher submaximaler steady-state-Leistung bei Kranken und Gesunden annähernd gleich sei; deshalb sei bei Herzkranken die Größe des Sauerstoffpulses überwiegend vom Verhalten der Herzschlagfrequenz bestimmt.

Das Profil der mittleren Herzfrequenzen (Abbildung 6) zeigt ein normales belastungsadäquates Verhalten, ähnlich wie es HERTLE (32) bei Patienten mit Koronarerkrankungen fand. Es überrascht, daß bei der Umstellung von der trophotropen zur ergotropen Phase auch in der ältesten Gruppe der Herzfrequenzanstieg (15 Schläge/min) ohne Unterschied erfolgt. Diese Beobachtung scheint dafür zu sprechen, daß ab dem siebten Lebens-

jahrzehnt die Anpassungsfähigkeit des kardio-vaskulären Systems in etwa gleich bleibt; sie sagt jedoch nichts über die Herzfrequenzreserven aus, die wahrscheinlich bei den über 80-jährigen doch geringer sind.

Die hier gefundenen mittleren Ruhewerte, die ziemlich einheitlich um 75 Schläge/min. gruppiert sind, entsprechen etwa denen, wie sie KÖNIG (49) für ein Kollektiv 60-jähriger gesunder Männer beschreibt. Im Gegensatz dazu gibt HOLLMANN (36) für diese Altersklasse Werte von 60 Schlägen/min. an. Angesichts der Tatsache, daß bei Herzkranken die Ruhewerte höher liegen als bei Gesunden (69, 65) können sie in dieser Untersuchung als normal bezeichnet werden, zumal sie eher Erwartungsfrequenzen darstellen.

Während der Testabschnitte Treppe, Ebene und Steigung, für die man eine Belastung der Alten im vita-media-Bereich annehmen kann, liegt die mittlere Herzfrequenz der über 80-jährigen mit konstanter Differenz unter den Vergleichswerten der 60 - 70 und 70 - 80-jährigen. Dieses Ergebnis stimmt mit den Feststellungen von ROBINSON (74), DILL (18), ASTRAND (3) und HOLLMANN (37) überein, wonach die durchschnittliche Herzfrequenz bei gleicher submaximaler wie auch maximaler Belastung ab dem vierten Lebensjahrzehnt mit zunehmendem Alter sich konstant erniedrigt.

Die von HOLLMANN (36) aus der Basisfrequenz und der maximal möglichen Frequenz-Zuwachsrates errechnete Ausdauerergrenze beträgt für das siebente Lebensjahrzehnt 111 Schläge/min. und für das achte 103 Schläge/min. Mit diesen Zahlen korrelieren die im Abschnitt Steigung registrierten Werte (107 bzw. 109 Schläge/min.) nicht sehr gut; es ist jedoch zu bedenken, daß es sich dort um gesunde, hier um herzkranken Menschen handelte.

Eine interessante Beobachtung ist ein Knick im Kurvenverlauf der Abbildung 7, welche Beziehung zwischen Herzfrequenz und ST-Senkung darstellt, der zeitlich mit dem Wiederbetreten des Hauses und dem Abwärtssteigen der Treppe zusammenfällt. Er stellt eine Unterbrechung in der Rückbildung der ST-Senkungen dar, wobei es trotz sinkender Frequenz noch einmal zu einer durchschnittlichen ST-Senkung von fast 0,02 mV kommt. Wenn man das Treppabwärtsgehen als nochmalige leichte Belastung ansieht, dann spräche dies für eine sehr empfindliche belastungs-adäquate Reaktion der ST-Strecke als äußerem Ausdruck der sich im Myokard abspielenden Vorgänge.

Es bietet sich noch eine andere Erwägung an: ob nicht emotionelle Einflüsse über das Vegetativum eine Rolle gespielt haben könnten, denn die Probanden, die im allgemeinen Interesse der Mitbewohner des Altenstifts standen, sind dadurch in eine gewisse exponierte Stellung gekommen, die sich bei Begegnungen kurz vor dem Hause oder auf dem Flur in oben angedeuteter Weise auswirkt habe.

Bezüglich der Steigerungsbeträge der Herzfrequenzen, nach HERTLE (32) eine empfindliche Größe im Arbeitsversuch bei submaximaler Belastung, ergaben sich keine wesentlichen altersabhängigen Unterschiede. MANN (53), der die Herzfrequenz unter Belastung als Kriterium der Leistungsfähigkeit bei Herzkranken untersuchte, verneint allerdings ihre differentialdiagnostische Verwertbarkeit aufgrund der meist großen Streuung der Ruhefrequenzen.

Die von verschiedenen Autoren (4, 33, 79, 38) beschriebene Geschlechtsdifferenz der Herzfrequenzen in allen Altersstufen mit gesunden Probanden, manifestierte sich in vorliegender Untersuchung auch bei alten herzkranken Menschen, zeigte aber einen besonderen Verlauf. Entgegen den Ausführungen REINDELL's (72), daß bei Frauen ein rascherer Frequenzanstieg erfolge als bei Männern, verringerte sich hier das Ausgangs um 8,5 Schläge/min. höhere Frequenzniveau der Frauen mit zunehmender Belastung und war während des ansteigenden Waldweges sogar ausgeglichen. Betrachtet man die Differenzen der Mittelwerte bei beiden Geschlechtern, so resultiert daraus, daß die Frequenzregulation im weiblichen Kollektiv etwas träger war.

Da nach dreiminütiger Erholungspause die Frequenzen der Frauen um 1,3 Schläge/min. unter denen der Männer lagen, kann für die höheren Erwartungsfrequenzen der Frauen deren stärkere emotionelle Ansprechbarkeit und demzufolge eine stärker sympathikotone Ausgangssituation die Ursache gewesen sein.

Abschließend läßt sich sagen, daß hier bei herzkranken alternden Menschen die Frequenzregulation in ausreichendem Maße ausgeprägt ist und die Arbeitsfrequenzen teilweise im unteren Grenzbereich bleiben (32). Dieses Verhalten könnte nach den Untersuchungen von HOLLMANN (36), KÖNIG (49) und HERTLE (32) als "sinnvolle Bradykardie" bezeichnet werden, denn dadurch wird bei ohnehin eingeschränkter Leistungsfähigkeit der Koronarien im Alter, eine geringere Beeinträchtigung der Stoffwechselprozesse und ein niedrigerer Sauerstoffverbrauch des Myokards erzielt.

III. Rhythmusstörungen

Die Ansicht, daß sich beim Altersherz eine stärkere Neigung zu ektopischer Reizbildung findet (26, 88, 67, 24, 22), bestätigt vorliegende Untersuchung, in der bei der Hälfte der Probanden Rhythmusstörungen aufgezeichnet werden konnten (Tabelle 15).

Da Extrasystolen häufig auch bei Gesunden auftreten, was durch die elektrokardiographische Langzeit-Registrierung (84, 28, 60, 79) als endgültig erwiesen gelten kann, gehen über ihre Genese und klinische Bedeutung immer noch auseinander. Es sind jedoch einige Kriterien bekannt, die erfahrungsgemäß zur klinischen Bewertung und bei der Stellung der Prognose herangezogen werden können.

Von den hier gefundenen Extrasystolen waren zwölf ventrikulären und nur drei supraventrikulären Ursprungs. Dieses Ergebnis bestätigt die Untersuchungen von MATZDORF (60) und HANSEN (28) die supraventrikuläre Extrasystolen bei Herzgesunden häufiger als bei Herzkranken fanden und deren Vorkommen nach VILLIGER (90) die Prognose nicht ungünstig beeinflusst.

Zwei Kriterien, welche die Prognose verschlechtern (34, 20, 92), nämlich gehäuftes Auftreten in Form von Ketten oder Salven, sowie Polytopie und Polymorphie konnten nicht beobachtet werden. Die einzige Ausnahme bildete eine ventrikuläre Trigeminie, die sich nach einem Intervall von zwei Normalschlägen noch einmal wiederholte. VILLIGER (90) spezifiziert den allgemein gehaltenen Befund "vereinzelte ventrikuläre Extrasystolen" insofern, als er solche, die öfter als einmal pro zehn Normalschläge auftreten, wegen der möglichen Entwicklung zu Kammerflimmern (14), als prognostisch ungünstiger beurteilt.

Nach diesen Gesichtspunkten müssen die Extrasystolen bei einem Probanden betrachtet und bewertet werden, welche fünfmal in Abständen von 5 - 10 Normalschlägen aufeinanderfolgten.

Als weiterer Hinweis für eine ernstere Bedeutung von Extrasystolen gilt ihr Verhalten bzw. Vorkommen unter Belastung (60, 30, 93, 51). Neurovegetativ bedingte, sogenannte funktionelle Extrasystolen, wie sie bei Gesunden nicht selten außerhalb körperlicher Anstrengungen vorkommen, verschwinden oft während und nach Belastung. Treten Extrasystolen dagegen unter Belastung oder erstmals danach auf, so können sie auf organpathologischen Veränderungen beruhen, was hier für elf von zwölf registrierten Extrasystolen zuträfe. Nur bei einem einzigen Fall, der unter Ruhebedingungen Extrasystolen bot, wiederholten sie sich während des Untersuchungsganges nicht mehr und können somit vegetativ funktioneller Genese gewesen sein. Das gleiche Verhalten zeigten die drei Fälle von Sinusarrhythmien, wohingegen die Vorhofflimmerarrhythmien unter Belastung keine Veränderungen erfuhren.

Die Seitenlokalisation - links- oder rechtsventrikulären Ursprungs - nach HILMER (34) von untergeordneter Bedeutung, bereitet schon im Routine-Ekg Schwierigkeiten (93) und konnte aufgrund der hier benutzten bipolaren Ableitung nur Vermutungsweise geschehen.

Wie bei anderen Autoren mit vergleichbarem Untersuchungsgut (61, 82), waren die hier festgestellten Rhythmusstörungen meistens mit weiteren Ekg-Veränderungen kombiniert. Dabei handelte es sich im wesentlichen um Schenkelblockbilder, "ischämische" ST-Senkungen sowie andersgeartete zusätzlich auftretende Reizbildungsstörungen.

Die im allgemeinen seit WENCKEBACH geltende Regel, wonach "mindestens 50 Prozent der Personen mit Kammerextrasystolen herzgesund seien" (92) erfährt aufgrund bestimmter Anhaltspunkte gewisse Einschränkungen. So spielt das Alter eine nicht unerhebliche Rolle, insofern als man bei gealtertem oder alterskrankem Herzen Rhythmusstörungen als nicht so harmlos beurteilen darf und sie sogar besonderer Beachtung bedürfen (88). Diese Forderung wird unterstrichen durch die zahlreich vorgefundenen Rhythmusstörungen im Telemetrie-Ekg.

IV. Die Dauer der elektrokardiographischen Phasen

1. PQ-Dauer

Bekanntlich nimmt die Dauer der elektrokardiographischen Phasen unabhängig von der kleiner werdenden Herzfrequenz im Laufe des Lebens zu (15, 67, 26). Der obere Grenzwert der PQ-Dauer von 0,20 sec wird nach MICHEL (67) im Greisenalter in 45 Prozent überschritten und WARNECKE (91) beobachtete diesen Befund bei 18 Prozent scheinbar herzgesunder Personen jenseits des 65. Lebensjahres. In dieser Untersuchung wurden weit weniger Verlängerungen der PQ-Dauer festgestellt und das Mittelwertverhalten war in seinem Altersgang den oben zitierten Ergebnissen entgegengesetzt.

Die Schwankungen der PQ-Dauer korrelieren während der Belastungsphasen gut mit dem Grad der Anstrengung und dem Herzfrequenzverhalten: zur Zeit des stärksten Frequenzanstieges verkürzt sich die PQ-Zeit vorwiegend, bei einem Absinken der Frequenzen (Ebene, Erholung) treten vermehrt Verlängerungen auf. SEBÖK (83) konnte

neuerdings einen Zusammenhang zwischen PQ-Zeit und Herzfrequenz bestätigen. Die Bradykardie des alten Herzens sieht er nur solange als gutartig an, wie sie mit der PQ-Zeit konsonant ist, denn wenn diese Parallelität nicht mehr besteht, soll es eher zum Auftreten von Rhythmusstörungen kommen.

Nach DELIUS (17) und REINDELL (71) darf die Überleitungszeit bei steigender Belastung leichten oder mittleren Grades nicht über 0,20 sec zunehmen - in vorliegender Untersuchung war es nie zu sehen - sonst kann mit großer Wahrscheinlichkeit auf eine organische Schädigung des Myokards geschlossen werden.

Die hier trotz steigender Frequenz beobachteten Verlängerungen, durchschnittlich 0,022 sec, können demzufolge als leicht pathologisch eingestuft werden.

Unmittelbar nach Belastung auftretende Verlängerungen der PQ-Dauer, wie sie auch hier im Abschnitt Ankunft und nach der ersten Minute Erholung besonders in den Altersgruppen I und II zu sehen waren, stellen nach MICHEL (67) einen abnormen Befund dar. Hier lassen sie sich eventuell als bereits einsetzende vagale Gegenreaktion erklären, da die Belastung nicht wie bei Ergometertests abrupt abgebrochen wurde, sondern in ihrer Intensität langsam abnahm (20).

Der während Ruhebedingungen registrierte AV-Block ersten Grades verschwand unter Belastung, ein relativ gutes prognostisches Zeichen, das für keine stärkere Schädigung des Myokards spräche. Aufgrund epidemiologischer Untersuchungen rechnet JULIAN (40) jedoch dieser Art von Überleitungsstörung eine ziemlich hohe Mortalität zu und betrachtet sie als relativ ernste Anomalie.

2. QRS-Dauer und QRS-Komplex

Vorliegende Ergebnisse bestätigen die von MICHEL (67) vertretene Ansicht, daß mit zunehmenden Alter ein geringer Anstieg des Mittelwertes der QRS-Dauer, aber kaum eine Zunahme des oberen Grenzwertes erfolgt, und daß auch im Greisenalter der Wert von 0,10 sec nur selten überschritten wird. Diese Zunahme ließ sich anhand der Mittelwerte im gesamten Testverlauf für die einzelnen Dekaden verifizieren.

Während der Belastungsphasen verhielten sich die Mittelwerte der QRS-Dauer in den einzelnen Altersgruppen uneinheitlich, doch ließ sich erkennen, daß die Werte der über 80-jährigen im Gegensatz zu den beiden jüngeren Kollektiven konstant zunahmten. Während letztere die bekannten, auf die Belastungsintensität bezogenen, Schwankungen zeigten. Die anfänglich aufgetretenen Verkürzungen, wie sie bei vierzehn Personen registriert wurden und auch in der Literatur (12) beschrieben werden, fand ALBERS (1) dagegen bei dreißig herzkranken Patienten unter Ergometerbelastung nur einmal.

Mit steigender Belastung beobachtete der letztgenannte Autor bei 24 von dreißig Patienten Verbreiterungen des QRS-Komplexes; auch mit dieser Aussage decken sich die hier gefundenen Ergebnisse nicht, denn es sind nur sechsmal Verbreiterungen aufgetreten. Nach BOECK (12) ist jedoch der QRS-Komplex, neben der P-Welle, während und nach Belastung im allgemeinen verlängert, so daß die hier beobachteten Verbreiterungen in den Erholungsphasen höchstens als leicht pathologisch bewertet werden. BELLET (6) hingegen betrachtet ähnliche Befunde als deutlich abnormale Antwort. Er registrierte sie bei telemetrischer Ekg-Übertragung während des Master-Treppentests bei sieben Patienten mit Koronarerkrankungen (Durchschnittsalter 57,4 Jahre) nur in zwei Fällen.

Als Fazit resultiert: lediglich in der ältesten Gruppe kann man, entsprechend den Mittelwerten, die den oberen Grenzwert tangieren, eine Verschlechterung der Leitungsverhältnisse annehmen (67). Dafür spricht auch, daß in der aus sechs Probanden bestehenden Gruppe dreimal inkomplette Schenkelblockbilder festgestellt wurden.

Da bei den zwei Probanden mit persistierenden kompletten Schenkelblockbildern die Fähigkeit der Frequenzsteigerung in hohem Maße vorhanden war, dürfen sie prognostisch günstiger beurteilt werden, denn nach HERTLE (32) ist die Schädigung um so stärker zu bewerten, je geringer der Frequenzanstieg auf eine gegebene Belastung erfolgt. Wie klinische und histologische Erfahrungen zeigen (67), liegen Rechts- und Linksschenkelblöcke überwiegend organische Läsionen der Leitungsbahnen im Sinne degenerativ-sklerotischer Schädigungen zugrunde. Der inkomplette Rechtsschenkelblock, der sich in dieser Untersuchung einmal unter Belastung entwickelte, ist wesentlich häufiger Ausdruck einer Rechtsbelastung, beispielsweise bei pulmonaler Hypertonie. Dementsprechend hoch ist auch die Mortalitätsrate (62 %) für komplette Schenkelblöcke, die in der Studie JULIAN's (40) außerdem gehäuft in höherem Alter vorzufinden sind.

3. QT-Dauer

Besonders bei der QT-Dauer wurde schon früh festgestellt (81), daß sie, wie auch die anderen Phasen des Ekg, im Laufe des Lebens zunimmt. Die Konstante in der FRIDERICIA-Formel, mit der es möglich ist, eine gleichbleibende Vergleichszahl der herzfrequenzbezogenen QT-Dauer zu errechnen, wird ab der vierten Dekade linear größer (15). Dabei wird der Streubereich des Normogramms nach HEGGLIN (29) nicht selten nach unten überschritten. MICHEL

(67) fand bei über 70-jährigen ein solches Verhalten bei 30 Prozent der untersuchten Personen, hier wurde es nur bei einem Fünftel der Probanden gesehen, unter denen sich keiner aus Gruppe I befand.

Während der Steigung war die Korrelation zwischen Herzfrequenz und QT-Dauer in zwölf Fällen gestört, das heißt, sie überschritten den unteren Grenzbereich im Sinne einer Verlängerung, obgleich sich nur viermal eine absolute Verbreiterung gegenüber dem Ruhewert feststellen ließ. Der letztgenannte Autor beschreibt ähnliche Befunde, nach denen es unter Belastung neben der primären Verkürzung nicht selten zu einer sekundären Verlängerung kommt. Diese primäre Abnahme der QT-Dauer wird mit zunehmendem Alter immer geringer und scheint in den Bereich zu kommen, wie er für organisch geschädigte Herzen als Regel angesehen werden darf.

Die in der zweiten und dritten Erholungsminute aufgetretenen Verlängerungen von QT können nach FLEISCH (20) als pathologisch bezeichnet werden und wurden von ihm besonders bei Patienten mit Koronarerkrankungen gefunden. Bei diesen Ergebnissen treten deutliche altersabhängige Unterschiede zutage, die überraschend und schwer einzuordnen sind: bei insgesamt elf QT-Verlängerungen nach Belastung stammte nur eine von einem Teilnehmer der ältesten Gruppe.

Zum Schluß ist noch ein interessanter Einzelfall zu berichten: der als einziger in Ruhe verkürzte QT-Wert (0,26 sec) war nach einem Frequenzanstieg von 33 Schlägen/min., was dem Durchschnitt entspricht, um 0,01 sec gegenüber dem Normbereich verlängert und es resultiert eine absolute Zunahme von 0,08 sec.

S c h l u ß f o l g e r u n g

Aus dieser Untersuchung, die eher orientierenden Charakter hatte, können schon wegen der geringen Probandenzahl keine allgemeingültigen Schlüsse gezogen werden. Ebenso ist die Übertragung der benutzten bipolaren Elektrodenlage auf die Wilsonableitungen nicht ohne Probleme, was jedoch durch die seit jüngster Zeit verfügbaren 4-Kanal-Radiotelemetrieanlagen verbessert werden wird. Diese Apparaturen werden auch eine höhere diagnostische Treffsicherheit gewährleisten.

Überblickt man noch einmal die Fülle und Vielfalt der aufgezeichneten Ekg-Veränderungen, so zeigt sich, daß das hier radiotelemetrisch übertragene Ekg über eine bloße Frequenzmessung hinausreicht. Nicht nur die Art einer Veränderung, sondern auch die Bedingungen unter denen sie auftritt, können berücksichtigt werden.

Es ließen sich die Schwankungsbreiten von Ekg-Veränderungen bei alten herzkranken Menschen während und nach leichten Alltagsbelastungen darstellen und zwar unter lebensnahen Bedingungen, da die in ihrer Flexibilität eingeschränkten Alten nicht ihr gewohntes Milieu verlassen mußten, sondern dort aufgesucht wurden.

Z u s a m m e n f a s s u n g

Von 31 herzkranken Probanden im Alter von 60 - 86 Jahren wurden während leichten Alltagsbelastungen radiotelemetrisch übertragene Elektrokardiogramme registriert (Tabelle 19).

Es konnten folgende Ergebnisse gewonnen werden:

1. a) Alle ST-Strecken zeigen ein belastungsadäquates Verhalten. Die mittlere ST-Senkung weist in der jüngsten Gruppe ein deutlich geringeres Ausmaß auf, sowie im ältesten Kollektiv eine verzögerte Rückbildung;
b) sogenannte ischämische ST-Senkungen, die bei der Hälfte der Probanden auftraten, waren eindeutig belastungsabhängig.
2. Der höchste Durchschnittswert der T-Wellenabflachung, die als eine physiologische Reaktion zu werten ist, betrug 65 Prozent der Ruhewerte. Fünf T-Welleninversionen waren möglicherweise pathologisch, da sie sich über die Adaptionphase hinaus verstärkten.
3. Die Herzfrequenzmittelwerte der drei Altersgruppen weisen keine signifikanten Unterschiede auf. Die Frequenzregulation darf aufgrund der Steigerungsbeträge im gesamten Kollektiv als nahezu gleichwertig angesehen werden.

4. Der obere Grenzwert der PQ-Dauer (0,20 sec) wurde nur einmal überschritten (persistierender AV-Block 1. Grades).
Die in den Erholungsphasen aufgetretenen Verlängerungen der PQ-Dauer sind nicht als abnorm anzusehen, sondern als eine bereits einsetzende Gegenregulation zu deuten.
5. Eine Zunahme der QRS-Dauer im höheren Alter konnte im gesamten Kollektiv festgestellt werden. Bemerkenswert ist, daß sich drei der fünf beobachteten Schenkelblockbilder in der ältesten Gruppe zeigten.
6. Der Streubereich des Normogramms für die QT-Dauer wurde während und nach Belastung insgesamt zwölfmal im Sinne einer Verlängerung überschritten.
7. Während und nach Belastung wurden verschiedene Rhythmusstörungen (x_1) registriert; sie waren meist mit anderen Ekg-Veränderungen kombiniert.
(x_1) = Vorhofflimmern, -flattern, paroxysmale Tachykardien, Sinusarrhythmien und Extrasystolen.

L i t e r a t u r ü b e r s i c h t

1. ALBERS, D.: Über die Veränderungen des Ekg unter dosierter ergometrischer Arbeit beim Herzkranken. Z. ges.exp. Med. 110, 92 (1942)
2. ASTRAND, I.: Prognostic Value of Exercise Electrocardiogram in older Men. Scand.J.clin.Lab.Invest. 23, 271 (1969)
3. ASTRAND, I.: Aerobic Work Capacity in Men and Women with Special Reference to Age. Acta physiol.scand., 49.Suppl. 169 (1960)
4. ASTRAND, P.O.: Experimental studies of working capacity in relation to sex and age. E. Munksgaard, Copenhagen (1952), S. 132
5. BÄR, C.G. und R. ZEILHOFER: Der inkomplette Rechtsschenkelblock und seine klinische Bedeutung. Z.Kreislaufforschg. 44, 279 (1966)
6. BELLET, S. and O.F. MÜLLER: The Electrocardiogram during Exercise. Its Value in the Diagnosis of Angina Pectoris. Circulation 32, 477 (1965)
7. BELLET, S.: The Effect of Exercise on Postural Changes in the Electrocardiogram. Circulation 33, 117 (1966)

8. BELLET, S.; ELIAKIM, M.; DELIYIANNIS, S. and D. LAVAN: Radioelectrocardiography during Exercise in Patients with Angina Pectoris. Comparison with the Postexercise Electrocardiogram. Circulation 25, 5 (1962)
9. BERGGREN, G. und E.H. CHRISTENSEN: Heart Rate and Body Temperature as Indices of Metabolic Rate during Work. Arbeitsphysiol. 14, 255 (1950)
10. BLACKBURN, H. and R. KATIGBAK: What electrocardiographic leads to take after exercise? Amer.Heart J. 67, 184 (1964)
11. BLÜMCHEN, G.; ROSKAMM, H.; WALDMANN, B.; BÜCHNER, CH. und H. REINDELL: Vergleich der Koronarangiographischen Befunde von 127 Patienten mit Anamnese, Risikofaktoren für koronare Herzerkrankung, Ruhe- und Belastungs-Ekg. Z. Kreislaufforschg. 2, 149 (1969)
12. BOECKH, E.M. und H. HÄBISCH: Die Dauer der elektrokardiographischen Phasen. Z. Kreislaufforschg. 50, 425 (1961)
13. BRODY, A.J.: Master two-step Exercise Test in clinically uns elected Patients. J.Amer.Med.Ass: 171, 1195 (1959)
14. BÜCHNER, M. und S. EFFERT: Extrasystolie und Herzflimmern. Z. Kreislaufforschg. 57, 18 (1968)

15. BÜRGER, M.: Altern und Krankheit als Problem der Biomorphose. Thieme, Leipzig (1957), S. 230-237
16. CERKEZ, C.T.: Telemetric Electrocardiography. Canad.Med.Ass.J. 93, 1188 (1965)
17. DELIUS, L. und H. REINDELL: Grundsätzliches zur Bewertung des Elektrokardiogramms bei Gesunden und Kranken. Dtsch.Arch.klin.Med.181, 67 (1938)
18. DILL, B.P.; HORVATH, S.M. and F.N. CRAIG: Responses to Exercise as related to Age. J. appl.Physiol. 12, 195 (1958)
19. FLEISCH, A.O.: Elektrokardiographie während Belastung unter direkter Kontrolle am Sichtgerät. Cardiologia 40, 235 (1962)
20. FLEISCH, A.O.: Gefahren und Grenzen des Arbeitsversuchs im Ekg. Schweiz.med.Wschr. 92, 456 (1962)
21. FRIEDBERG, C.K.; JAFFE, H.J.; PORDY, L. and K. CHESKIE: The two-step Exercise Electrocardiogram: A double blind Evaluation of its Use in the Diagnosis of Angina Pectoris. Circulation 26, 1254 (1962)
22. GAVEY, C.J.: The cardiology of old age. Lancet 257, 725 (1949)
23. GILLMANN, H.: Über den diagnostischen Wert des Ekg bei der Beurteilung von Durchblutungsstörungen des Herzens. Dtsch.med.Wschr. 86, 117 (1961)

24. GILLMANN, H. und W. VOGEL: Über das Ekg im Greisenalter. Dtsch. med.Wschr. 80, 283 (1955)
25. GILSON, J.S. and N.J. HOLTER: Unusual QRS alterations seen in continous Electrocardiocorder recordings. Amer. J. Cardiol. 14, 204 (1964)
26. HAFERKAMP, H.: Das Altersherz. Medizinische 11, 389 (1956)
27. HALLHUBER, M.: Prävention und Rehabilitation bei ischämischer Herzerkrankung. Z.Gerontologie 2, 87 (1969)
28. HANSEN, H.W.: Diagnostik temporärer Herzrhythmusstörungen mit dem Langzeit-Ekg. Münch.med.Wschr. 112, 278 (1970)
29. HEGGLIN, R. und M. HOLZMANN: Die klinische Bedeutung der verlängerten QT-Distanz (Systolendauer im Elektrokardiogramm). Z.Klin.Med. 132, 1 (1937)
30. HEINECKER, R.: Ekg-Fibel. G. Thieme, Stuttgart (1965), S. 109
31. HEINECKER, R.: Über Anwendung, Ausführung und Bewertung des sogenannten Belastungs-Ekg. Dtsch.Med.Wschr. 90, 15 (1965)
32. HERTLE, F.H.: Klinische Ergometrie. Münch.med.Wschr. 50, 2950 (1968)

33. HETTINGER, TH. und K. RODAHL: Ein modifizierter Stufentest zur Messung der Belastungsfähigkeit des Kreislaufs. Dtsch.med.Wschr. 85, 553 (1960)
34. HILMER, W. und W. WEISS: Zur Beurteilung ventrikulärer Extrasystolen auf Grund elektrokardiographischer Formenbilder. Z. Kreislaufforschg. 59, 1097 (1970)
35. HILLEBRECHT, J. und A.H. LEMMERTZ: Das dynamische Ekg-System. Med. Welt 30, 1685 (1965)
36. HOLLMANN, W.: Höchst- und Dauerleistungsfähigkeit des Sportlers. J.A. Barth, München (1963), S. 79-81
37. HOLLMANN, W.: Zur Frage der Dauerleistungsfähigkeit. Fortschr. Med. 17, 79 (1961)
38. HOLLMANN, W. und H. VENRATH: Über die unblutige Blutdruckregistrierung beim Menschen während körperlicher Arbeit. Med.Klin. 54, 1311 (1959)
39. HOLZMANN, M.: Klinische Elektrokardiographie. G. Thieme, Stuttgart (1961), S. 144
40. JULIAN, D.G.; VALENTINE, P.A. and L. GILBERT: Disturbances of rate, rhythm and conduction in acut myocardial infarction. Amer.J.Med. 37, 915 (1964)
41. KALTENBACH, M. und H. KLEPZIG: Das Ekg während Belastung und seine Bedeutung für die Erkennung der Koronarinsuffizienz. Z. Kreislaufforschg. 52, 486 (1963)

42. KALTENBACH, M.; SCHÄFER, R. und H. KLEPZIG: Prognostische Bedeutung des Belastungs-Elektrokardiogramms. *Materia Medica Nordmark* 19, 666 (1967)
43. KASSEBAUM, D.G.: A comparison of hypoxaemia and exercise electrocardiogram in coronary artery disease. *Amer. Heart J.* 75, 759 (1968)
44. KAST, G. und H. KLEPZIG: Diagnostik der Koronarinsuffizienz in der Praxis. *Med.Klin.* 61, 822 (1966)
45. KLEPZIG, H.; MÜLLER, D. und H. REINDELL: Über das Ekg während Belastung und seine klinische Bedeutung. *Z. Kreislaufforschg.* 45, 741 (1956)
46. KLEPZIG, H.: Überflüchtige Veränderungen von T im Brustwand-Ekg. *Dtsch.med.Wschr.* 82, 910 (1957)
47. KLEPZIG, H. und M. KALTENBACH: Die Belastungsinsuffizienz des Herzens und ihre Erkennung. *Dtsch.med.Wschr.* 87, 35 (1962)
48. KOEFFLER, H.: Die klinische Bedeutung des unvollständigen Rechtsschenkelblockes und seiner sog. physiologischen Variante. *Z. Kreislaufforschg.* 50, 745 (1961)
49. KÖNIG, K.; REINDELL, H. und H. ROSKAMM: Das Herzvolumen und die Leistungsfähigkeit bei 60-75jährigen gesunden Männern. *Arch. Kreislaufforschg.* 39, 143 (1962)

50. KORTH, C.: Klinische Elektrokardiographie. Urban und Schwarzenberg, München-Berlin-Wien (1957), S. 182
51. LANG, E.: Kleines Ekg-Seminar. Deutscher Medizinstudenten-Verlag, Köln (1968), S. 87
52. LEPESCHKIN, E. and B. SURAWICZ: Characteristics of true-positive and false-positive results of Ekg Master two-step exercise tests. The New England J. Med. 258, 511 (1958)
53. MANN, D. und M. WINKELMANN: Die Herzfrequenz unter Belastung als Kriterium der Leistungsfähigkeit bei Herzkranken. Z. Kreislaufforschg. 56, 126 (1967)
54. MASTER, A.M.; FRIEDMAN, R. and S. DACK: Electrocardiogram after exercise as a functional test of the heart. Amer.Heart J. 24, 777 (1942)
55. MASTER, A.M. and I. ROSENFELD: The two step exercise test brought up to date. New York State J.Med. 61, 1850 (1961)
56. MASTER, A.M.; FIELD, L.E. and E. DONOSO: Coronary artery disease and the two step exercise test. New York State J.Med. 57, 1051 (1957)
57. MASTER, A.M. and I. ROSENFELD: Clinical application of the two step exercise test. J. Amer.Med. Ass. 178, 283 (1961)
58. MASTER, A.M. and I. ROSENFELD: Monitored and post-exercise two step test. J. Amer.Med.Ass. 190, 494 (1964)

59. MATTINGLY, T.W.: Post exercise electrocardiogram; its value in diagnosis and prognosis of coronary artery disease. Amer.J.Cardiol. 9, 395 (1962)
60. MATZDORFF, F.: Das Belastungs-Ekg und das Langzeit-Ekg. Münch.med.Wschr. 111, 1290 (1969)
61. MATZDORFF, F. und F.L. SCHMIDT: Fortlaufende Ekg-Registrierung über Stunden. Med.Klin.61, 826 (1966)
62. MEERKAMM, F. und F.H. HERTLE: Elektrokardiographische Beobachtungen bei gesunden Probanden und Herzinfarktpatienten unter standardisierter submaximaler Ergometer-Belastung. Arch. Kreislaufforschg. 57, 240 (1968)
63. MELLEROWICZ, H. und D. BARON: Präventive Analyse von Risikofaktoren degenerativer Herzerkrankungen. Sportarzt und Sportmedizin 18, 268 (1967)
64. MELLEROWICZ, H.: Ergometrie. Urban und Schwarzenberg, München 1962, S. 51
65. MELLEROWICZ, H. und A. PETERMANN: Zur Leistungsdiagnostik des Kreislaufs. Dtsch. med. Wschr. 81, 669 (1956)
66. MEYER, W.; DÜX, A. und A. SCHÄDE: Vergleich zwischen Elektrokardiogramm und Koronarogramm bei Koronarsklerose. Dtsch.med.Wschr. 94, 756 (1969)
67. MICHEL, D.: Die Lebenswandlungen der menschlichen Herzstromkurve. Verh.Dtsch.Ges.Kreislaufforschg. 24, 104 (1958)

68. MÜLLER, E.A.: Ein Leistungspulsindex als Maß der Leistungsfähigkeit. Arbeitsphysiol. 14, 271 (1950)
69. MUSSHOF, K.; REINDELL, H.; STEIM, H. und K. KÖNIG: Die Sauerstoffaufnahme pro Herzschlag (O₂-Puls) als Funktion des Schlagvolumens, der arteriovenösen Differenz, des Minutenvolumens und des Herzvolumens. Z. Kreislaufforschg. 48, 255 (1959)
70. REICHENBACH, M. und R. LEUTSCHAF: Telemetrische Ekg-Registrierung unter Reit- und Terrainbelastung. Münch.med.Wschr. 27, 1590 (1968)
71. REINDELL, H.; KLEPZIG, H.; STEIM, H.; MUSSHOF, K.; ROSKAMM, H. und E. SCHILDGE: Herz-, Kreislaufkrankheiten und Sport. J.A. Barth, München (1960), S. 90
72. REINDELL, H.; KÖNIG, K. und H. ROSKAMM: Funktionsdiagnostik des gesunden und kranken Herzens. G. Thieme, Stuttgart (1967), S. 113
73. ROBB, G.P. and H.H. MARKS: Latent coronary artery disease. Determination of its presece and severity by the exercise electrocardiogram. Amer.J.Cardiol. 13, 603 (1964)
74. ROBINSON, S.: Experimental studies of physical fitness in relation to age. Arbeitsphysiol. 10, 251 (1939)
75. ROSKAMM, H.: Das Belastungselektrokardiogramm. Studienreihe Boehringer Mannheim GmbH, Mannheim (1968), S. 72

76. ROSKAMM, H.; REINDELL, H.; NOVAKOVIC, N.; BÜCHNER, CH. und G. BLÜMCHEN: Die klinische Bedeutung des Elektrokardiogramms während Ergometerbelastung. *Ärztli. Lab.* 9, 277 (1963)
77. ROSKAMM, H.; REINDELL, H.; EMMRICH, J.; BARMEYER, J.; KESSLER, M. und N. NOVAKOVIC: Das Ekg während dosierter Ergometerbelastung bei Normalpersonen und Infarktpatienten, seine Beziehung zur Herzgröße und Leistungsfähigkeit. *Dtsch.Arch.Klin.Med.* 203, 331 (1964)
78. RUMBALL, A.C. and E.D. ACHESON: Latent coronary heart disease detected by Electrocardiogram before and after exercise. *Brit.Med. J.* 1, 423 (1963)
79. SCHÄCKE, G.; WOITOWITZ, H.J. und R. WOITOWITZ: Moderne Langzeituntersuchungen von Herzschlagfrequenz und Elektrokardiogramm am Arbeitsplatz. Sonderdruck aus "Arbeitsmedizin, Sozialmedizin, Arbeitshygiene" 5, 171 (1970)
80. SCHLOMKA, G.; REINDELL H. und V. MALAMANI: Beiträge zur klinischen Elektrokardiographie. Weitere Untersuchungen über das Belastungs-Ekg. *Z. Klin.Med.* 136, 367 (1939)
81. SCHLOMKA, G. und W. RAAB: Zur Bewertung der relativen Systolendauer. *Z. Kreislaufforschg.* 28, 673 (1936)
82. SCHMIDT, F.L.: Elektrokardiographische Routine- und Langzeitbeobachtungen. *Z. Kreislaufforschg.* 54, 798 (1965)

83. SEBÖK, A.; SEBÖK, J. und A. SEBÖK JUN.: Über Zusammenhänge zwischen PQ-Zeit und der Frequenz. Z.Kreislaufforschg. 56, 267 (1967)
84. SEIPEL, L.; WILKE, K.H. und F. LOOGEN: Erfahrungen mit dem Langzeit-Elektrokardiogramm. Z. Kreislaufforschg. 58, 1250 (1969)
85. SJÖSTRAND, T.: Experimental Variations in the T-wave of the electrocardiogram. Acta med.scand. 138, 195 (1950)
86. SJÖSTRAND, T.: Die pathologische Physiologie der Korrelationen zwischen Herz- und Gefäßsystem. Verh. Dtsch.Ges.Kreislaufforschg. 22, 143 (1956)
87. SJÖSTRAND, T.: The electrocardiographic work and hypoxemia tests. Scand.J.clin.Lab.Invest. 3, 1 (1951)
88. SPANG, K.: Rhythmusstörungen des Herzens. G. Thieme, Stuttgart (1958), S. 339
89. SPANG, K.: Altersherz und Kardiosklerose. Dtsch.med. Wschr. 79, 318 (1954)
90. VILLIGER, U. und S. HEYDEN: Neue Ergebnisse der epidemiologischen Forschung bei der ischämischen Herzkrankung. Z. Kreislaufforschg. 55, 746 (1966)
91. WARNECKE, B.: Elektrokardiographische Untersuchungen anscheinend Herzgesunden, die das 65.Lebensjahr überschritten haben. Z. Kreislaufforschg. 31, 391 (1939)

92. WENGER, R.; ENGELHARDT, H. und H. MÖRSLACHER: Die verschiedene Bedeutung von Kammerextrasystolen. Z. Kreislaufforschg. 48, 665 (1959)
93. ZAPFE, H. und Y. HATANO: Veränderungen im Ekg gesunder Erwachsener im Tagesablauf. Z. Kreislaufforschg. 56, 411 (1967)
94. ZERDICK, J. und H. MELLEROWICZ: Die ST-Senkung im Leistungs-Elektrokardiogramm. Z. Kreislaufforschg. 58, 1128 (1969)

Tabelle 1: Die Altersverteilung, die Routine-Ekg-Befunde und die Diagnose der Probanden

Name	Alter	Diagnose	Routine-Ekg-Befund
S. J.	63	nach Herzinfarkt	Sinusrhythmus, Li-Typ, flach neg. T-Welle in V ₆
Sch. W.	66	Hypertonie	Vorhofflimmern, Indifferenz-Typ, ST-Senkung in I, II aVL; diskordantes Verhalten von ST und T in V ₂ -V ₆ . T vom coronaren Typ
v. S.	66	Digitalis	Sinusrhythmus, Indifferenz-Typ, periphere Niederspannung
Th. M.	64	Hypertonie	Sinusrhythmus, Indifferenz-Typ, diskordantes Verhalten von R und T in allen BWA
K. B.	60	Zust.n. altem Herzinfarkt, Digitalis	Sinusrhythmus, Li-Typ, Erregungsablauf normal
F. E.	67	Hypertonie	Sinusrhythmus, überdrehter Li-Typ bei Re-Schenke lblock (atypisch)

Fortsetzung

Tabelle 1: Die Altersverteilung, die Routine-Ekg-Befunde und die Diagnose der Probanden

Name	Alter	Diagnose	Routine-Ekg-Befund
M. G.	79	Zustand nach Herzinfarkt	Sinusrhythmus, Normaltyp, neg. T-Wellen in V_2 - V_6 , R-Zackenverlust in V_2 und angedeutet V_3 , Infarkt.
G. H.	76	Koronarerkrankung	Sinusrhythmus, beginnener Li-Typ, coronares, terminales T in V_4 - V_6
K. G.	70	Altersherzerkrankung	Sinusrhythmus, Li-Typ, muldenförmige ST-Senkung in V_4 - V_6 , hohe li- praekordiale R-Zacken, Linkshypertrophie
F. H.	70	Koronarerkrankung	Sinusrhythmus, Indifferenz-Typ, eine ventrikuläre Extrasystole, angedeutete Rechtsverspätung in V_1
B. W.	74	Altersherzerkrankung	Sinusrhythmus, Normaltyp, periphere Nierendspannung, normaler Erregungsablauf.
H. H.	79	Altersherzerkrankung, Digitalis	Sinusrhythmus, Indifferenz-Typ, normaler Erregungsablauf

Fortsetzung

Tabelle 1: Die Altersverteilung, die Routine-Ekg-Befunde und die Diagnose der Probanden

Name	Alter	Diagnose	Routine-Ekg-Befund
H. M.	78	Hypertonie	Sinusrhythmus, Indifferenz-Typ, Erregungsablauf normal
H. E.	75	Zustand nach akutem Herzinfarkt	Sinusrhythmus, Indifferenz-Typ, flache T-Wellen in BWA, zeitweise auch flach neg.
J. F.	76	Altersherzerkrankung	Vorhofflimmerarrhythmie, Indifferenz-Typ, diskordantes ST und T in V ₃ -V ₆ (Linkshypertrophie)
N. G.	72	Tachykardie	Sinusrhythmus, Li-Typ, angedeutete Re-Ver-spätung
H. H.	78	Altersherzerkrankung	Sinustachykardie, Li-Typ, angedeutete muldenförmige ST-Senkung in V ₆
M. G.	71	Altersherzerkrankung	Sinusrhythmus, Indifferenz-Typ, breite P-Wellen
M. A.	74	Altersherzerkrankung	Vorhofflimmerarrhythmie, Indifferenz-Typ, ST-Senkung in V ₄ -V ₆

Fortsetzung

Tabelle 1: Die Altersverteilung, die Routine-Ekg-Befunde und die Diagnose des Probanden

Name	Alter	Diagnose	Routine-Ekg-Befund
K. E.	74	Hypertonie	Sinusrhythmus, Li-Typ, biphasischer T-Wellen in V_4 - V_6 , beginnendes T-cardiale
F. M.	71	Altersherzerkrankung	Sinusrhythmus, überdrehter Li-Typ, periphere Niederspannung
K. CH.	77	Altersherzerkrankung	Sinusrhythmus, Li-Typ, angedeutete muldenförmige ST-Senkung in V_4 - V_6 mit flach biphasischem T
B. H.	74	Altersherzerkrankung	Sinusrhythmus, Li-Typ, vereinzelte ventrikuläre Extrasystolen, Überlastungs-T in II, V_3 - V_5 (Linkshypertrophie)
M. L.		Altersherzerkrankung	Sinusrhythmus, Li-Typ, isoelektrische T-Welle in V_5 - V_6

Fortsetzung

Tabelle 1: Die Altersverteilung, die Routine-Ekg-Befunde und die Diagnose des Probanden

Name	Alter	Diagnose	Routine-Ekg-Befund
K. O.	82	Zustand nach Herzinfarkt	Sinusrhythmus, überdrehter Li-Typ, Li-Ver- spätungskurve mit Diskordanz von R und T in V_4-V_6 , R-Zackenverlust in V_1-V_3 , ange- deutete R-Zacke im Schoße von S in V_1-V_3 , infarktcoronares Stadium
K. O.	83	AV-Block Digitalis	Sinusrhythmus, P=sinistro-cardiale, peri- phäre Niederspannung, Re=Verspätung mit inkomplettem Schenkelblock
H. T.	82	Hypertonie Digitalis	Sinusrhythmus, Normaltyp, diskordantes R u. T in V_4-V_6 , ST-Senkung in II (Linkshyper- trophie)
J. M.	81	Hypertonie	Sinusrhythmus, überdrehter Li-Typ, verbreiterte T-Wellen
W. H.	84	Altersherzerkran- kung, Digitalis	Sinusrhythmus, Indifferenz-Typ, PQ obere Grenze der Norm
G. M.	86	Hypertonie	Tachyarrhythmia absoluta, vereinzelte rechtsventrikuläre Extrasystolen, mulden- förmige ST-Senkung linkspraekordial

Tabelle 2: Einzelbefunde im Telemetrie-Ekg bei alten Menschen in Ruhe (Sitzen)

Name	Alter	ST-Senkung (mV)	T-Welle (mV)	P Q (sec)	Q R S (sec)	Q T (sec)	Frequenz/ min
St.-J.	63	0,10	neg 0,15	0,14	0,08	0,30	95
Sch.-W.	66	0,15	neg 0,20	0,12	0,06	0,30	90
v.-Sch.-M.	66	0,05	neg 0,10	0,16	0,07	0,26	80
Th.-M.	64	0,05	0,05	0,17	0,09	0,40	57
K.-B.	60	0,10	0,10	0,17	0,06	0,34	81
F.-E.	67	0	0,80	0,14	0,18	0,54	49
M.-G.	79	0,20	0,10	0,14	0,12	0,44	80
G.-H.	76	0,25	0,05	0,14	0,09	0,42	76
K.-G.	70	0,30	0,20	0,22	0,09	0,43	55
F.-H.	70	0,05	0,05	0,12	0,10	0,33	80
B.-W.	74	0,10	0,10	0,12	0,08	0,36	78
H.-H.	79	0,10	0,05	0,14	0,09	0,42	69
H.-M.	78	0,15	0,15	0,20	0,10	0,40	60
H.-E.	75	0,05	0,05	0,13	0,08	0,42	67
J.-F.	76	0,15	0,10	0,12	0,10	0,35	89
N.-G.	72	0,30	neg 0,40	0,10	0,08	0,30	100
H.-H.	78	0,10	0,10	0,10	0,08	0,34	97
M.-E.	73	0,30	neg 0,60	0,15	0,17	0,40	69
M.-G.	71	0,15	0,05	0,14	0,09	0,38	63
M.-A.	74	0,20	0,10	0,13	0,10	0,44	66
K.-E.	74	0,15	0,10	0,12	0,08	0,38	60
F.-M.	71	0	0,15	0,12	0,08	0,36	80
K.-Ch.	77	0,05	0,20	0,16	0,07	0,35	76
B.-H.	74	0,25	0,05	0,18	0,07	0,40	80
M.-L.	77	0,15	0,05	0,12	0,08	0,34	82
K.-O.	82	0,10	neg 0,20	0,14	0,12	0,36	76
K.-O.	83	0	0,25	0,16	0,09	0,36	65
H.-T.	82	0,40	neg 0,70	0,16	0,10	0,40	70
J.-M.	81	0	0,05	0,16	0,08	0,34	89
W.-H.	84	0,15	neg 0,10	0,13	0,08	0,32	92
G.-M.	86	0,25	0,10	0,08	0,08	0,42	67

Tabelle 3: Einzelbefunde im Telemetrie-Ekg bei alten Menschen im Gehen durch den Gang

Name	Alter	ST-Senkung (mV)	T-Wellle (mV)	P Q (sec)	Q R S (sec)	Q T (sec)	Frequenz/ min
St. J.	63	0,10	neg 0,15	0,14	0,07	0,30	100
Sch. W.	66	0,20	neg 0,15		0,06	0,30	117
v. Sch. M.	66	0,15	neg 0,10	0,10	0,10	0,30	97
Th. M.	64	0,05	neg 0,05	0,17	0,07	0,40	76
K. B.	60						
F. E.	67	0		0,16	0,18	0,52	62
M. G.	79	0,20	0,10	0,14	0,08	0,42	90
G. H.	76						85
K. G.	70	0,30	0,20	0,17	0,09	0,50	80
F. H.	70	0	0,05	0,12	0,10	0,34	95
B. W.	74	0,10	0,10	0,12	0,10	0,36	77
H. H.	79	0,10	0,05	0,14	0,09	0,36	81
H. M.	78	0,15	0,10	0,18	0,10	0,38	85
H. E.	75	0,10	0,05	0,16	0,08	0,42	95
J. F.	76						100
N. G.	72	0,30	neg 0,40	0,10	0,08	0,30	110
H. H.	78	0,10		0,09	0,09	0,32	105
M. E.	73						
M. G.	71	0,15	0,05	0,14	0,09	0,38	89
M. A.	74	0,20	0,10		0,08	0,38	90
K. E.	74						87
F. M.	71						
K. Ch.	77						101
B. H.	74	0,25	0,05	0,18	0,08	0,38	95
M. L.	77	0,15	0,05	0,12	0,09	0,35	91
K. O.	82	0	0,25		0,10	0,32	70
H. T.	82	0,60	neg 0,70	0,18	0,10	0,38	81
J. M.	81	0	0,05	0,14	0,10	0,34	105
W. H.	84	0,20	neg 0,10	0,14	0,07	0,30	100
G. M.	86	0,25	0,10	0,08	0,08	0,35	100

Tabelle 4: Einzelbefunde im Telemetrie-Ekg bei alten Menschen. Gehen auf der Treppe

Name	Alter	ST-Senkung (mV)	T-Wellen (mV)	P Q (sec)	Q R S (sec)	Q T (sec)	Frequenz/ min
St.J.	63		- 0,10	0,14	0,07	0,24	110
Sch.W.	66	0,15	neg 0,15		0,06	0,28	135
v.Sch.M.	66						110
Th.M.	64	0,10	0,05	0,17	0,10	0,42	87
K.B.	60	0,10	0,10	0,14	0,06	0,34	105
F.E.	67	0	- 0,10	0,12	0,12	0,44	94
M.G.	79	0,25	0,10	0,14	0,08	0,38	109
G.H.	76	0,30	neg 0,05	0,12	0,10	0,40	100
K.G.	70						86
F.H.	70	0,05	0,05	0,12	0,08	0,30	100
B.W.	74	0,20	0,10	0,12	0,10	0,34	90
H.H.	79	0,20	- 0,05	0,13	0,10	0,42	100
H.M.	78	0,15	- 0,10	0,19	0,08	0,40	90
H.E.	75	0,15	0,05	0,13	0,08	0,38	106
J.F.	76	0,20			0,08	0,32	120
N.G.	72	0,30	- 0,10	0,10	0,07	0,28	120
H.H.	78	0,05	- 0,05	0,08	0,07	0,30	124
M.E.	73	0,30	- 0,20	0,14	0,16	0,40	94
M.G.	71	0,15	neg 0,25	0,11	0,08	0,32	110
M.A.	74	0,25	0,10		0,08	0,42	102
K.E.	74	0,20	0,10	0,12	0,08	0,34	97
F.M.	71	0	- 0,10	0,12	0,06	0,36	104
K.Ch.	77	0,05	0,20				123
B.H.	74	0,30	0,05	0,17	0,07	0,32	121
M.L.	77	0,20	0,05	0,11	0,08	0,35	100
K.O.	82	0,10	- 0,15	0,12	0,12	0,34	89
K.O.	83	0	- 0,05		0,09	0,32	86
H.T.	82	0,50	- 0,20	0,17	0,10	0,38	86
J.M.	81	0	- 0,05	0,14	0,10	0,31	130
W.H.	84	0,25	neg 0,10	0,15	0,08	0,30	110
G.M.	86	0,30	0,10	0,08	0,08	0,35	110

Tabelle 5: Einzelbefunde im Telemetrie-Ekg bei alten Menschen. Gehen in der Ebene

Name	Alter	ST-Senkung (mV)	T-Wellen (mV)	P Q (sec)	Q R S (sec)	Q T (sec)	Frequenz/ min
St.J.	63	0,10	neg 0,15	0,16	0,08	0,27	112
Sch.W.	66	0,15	neg 0,20		0,06	0,30	125
v.Sch.M.	66	0,15	neg 0,10	0,10	0,08	0,30	102
Th.M.	64	0	0,05	0,18	0,08	0,40	87
K.B.	60	0,10	0,10	0,14	0,06	0,34	101
F.E.	67	0	- 0,10	0,13	0,14	0,46	77
M.G.	79	0,25	0,10	0,14	0,07	0,38	104
G.H.	76	0,25	neg 0,05	0,15	0,06	0,32	98
K.G.	70	0,25	0,20	0,17	0,09	0,42	84
F.H.	70	0,05	0,05	0,12	0,08	0,32	84
B.W.	74	0,20	0,10	0,14	0,08	0,36	70
H.H.	79	0,20	- 0,05	0,13	0,10	0,36	95
H.M.	78	0	0,15	0,20	0,09	0,35	90
H.E.	75						106
J.F.	76	0,30	neg 0,05		0,08	0,40	120
N.G.	72	0,30	neg 0,40	0,10	0,08	0,24	113
H.H.	78	0,10	0,10	0,08	0,08	0,30	129
M.E.	73	0,40	- 0,10	0,15	0,16	0,40	79
M.G.	71	0,20	neg 0,25	0,14	0,08	0,32	91
M.A.	74	0,30	0,10		0,08	0,39	90
K.E.	74	0,15	- 0,05	0,14	0,08	0,34	94
F.M.	71	0	- 0,10	0,12	0,06	0,32	104
K.Ch.	77	0,10	- 0,10	0,14	0,06	0,32	98
B.H.	74	0,30	0,05	0,17	0,06	0,32	118
M.L.	77	0,25	0,05	0,14	0,08	0,37	111
K.O.	82	0,10	- 0,15	0,14	0,12	0,32	95
K.O.	83	0,05	- 0,15		0,14	0,36	79
H.T.	82	0,40	neg 0,70	0,18	0,11	0,36	82
J.M.	81	0	0,05	0,14	0,09	0,34	115
W.H.	84	0,30	neg 0,30	0,16	0,07	0,26	102
G.M.	86	0,25	- 0,05	0,09	0,07	0,32	110

Tabelle 6: Einzelbefunde im Telemetrie-Ekg bei alten Menschen. Gehen in der Steigung

Name	Alter	ST-Senkung (mV)	T-Wellen (mV)	P Q (sec)	Q R S (sec)	Q T (sec)	Frequenz/ min
St. J.	63	0,10	neg 0,10	0,16	0,07	0,27	115
Sch. W.	66	0,25	neg 0,15		0,06	0,28	138
v-Sch. M.	66			0,12	0,08	0,34	113
Th. M.	64	0,15	- 0,05	0,18	0,08	0,37	91
K. B.	60	0,10	- 0,05	0,16	0,06	0,32	103
F. E.	67	0	- 0,10	0,13	0,14	0,40	87
M. G.	79	0,35	0,10	0,14	0,09	0,36	112
G. H.	76	0,40	neg 0,05	0,12	0,08	0,30	110
K. G.	70	0,25	neg 0,20	0,12	0,08	0,40	104
F. H.	70	0,10	0,05	0,12	0,09	0,34	112
B. W.	74	0,30	- 0,10	0,11	0,08	0,30	101
H. H.	79	0,20	neg 0,20	0,13	0,08	0,32	107
H. M.	78	0,05	- 0,10	0,16	0,08	0,32	95
H. E.	75						
J. F.	76	0,30	neg 0,05		0,10	0,38	120
N. G.	72	0,30	neg 0,40	0,10	0,07	0,27	119
H. H.	78	0,10	- 0,05	0,08	0,07	0,27	135
M. E.	73	0,35	- 0,10	0,18	0,16	0,40	89
M. G.	71	0,20	neg 0,35	0,11	0,08	0,30	105
M. A.	74	0,35	0,10		0,08	0,38	102
K. E.	74	0,20	- 0,05	0,13	0,10	0,35	100
F. M.	71	0,10	- 0,15	0,12	0,05	0,29	111
K. Ch.	77	0,05	- 0,10	0,14	0,07	0,30	117
B. H.	74	0,30	0,05	0,12	0,06	0,29	130
M. L.	77	0,30	0,05	0,15	0,08	0,38	109
K. O.	82	0,15	- 0,15	0,15	0,12	0,30	104
K. O.	83	0,10	- 0,15		0,13	0,35	84
H. T.	82	0,60	neg 0,70	0,18	0,11	0,35	93
J. M.	81	0	- 0,05	0,14	0,10	0,32	124
W. H.	84	0,20	neg 0,30	0,14	0,08	0,28	115
G. M.	86	0,30	0,10	0,08	0,08	0,32	117

Tabelle 7: Einzelbefunde im Telemetrie-Ekg bei alten Menschen. Zur Zeit der Ankunft im Sitzen

Name	Alter	ST-Senkung (mV)	T-Wellen (mV)	P Q (sec)	Q R S (sec)	Q T (sec)	Frequenz/ min
St.J.	63	0,05	neg 0,05	0,15	0,06	0,29	100
Sch.W.	66	0,20	neg 0,20		0,06	0,30	120
v.Sch.M.	66	0,15	pos 0,05	0,12	0,07	0,30	105
Th.M.	64	0,05	0,05	0,20	0,07	0,34	73
K.B.	60	0,10	0,10	0,17	0,06	0,31	95
F.E.	67	0	- 0,10	0,12	0,15	0,43	68
M.G.	79	0,25	0,10	0,16	0,08	0,39	85
G.H.	76	0,30	0,05	0,14	0,08	0,34	89
K.G.	70	0,20	0,20	0,20	0,10	0,42	60
F.H.	70	0,10	0,05	0,12	0,09	0,31	86
B.W.	74	0,10	0,10	0,12	0,07	0,34	83
K.H.	79	0,05	0,05	0,14	0,09	0,36	90
H.M.	78	0,05	- 0,10	0,20	0,06	0,30	88
H.E.	75	0,05					
J.F.	76	0,25	0,10		0,08	0,34	90
N.G.	72	0,30	neg 0,40	0,13	0,08	0,30	115
H.H.	78	0,10	0,10	0,09	0,07	0,30	105
M.E.	73	0,10	- 0,05	0,17	0,16	0,40	78
M.G.	71	0,15	neg 0,30	0,14	0,08	0,32	95
M.A.	74	0,25	0,10		0,08	0,37	84
K.E.	74	0,20	0,10	0,13	0,09	0,34	78
F.M.	71	0,10	- 0,10	0,12	0,07	0,32	91
K.Ch.	77	0,10	0,10	0,16	0,06	0,30	98
B.H.	74	0,35	0,05	0,14	0,06	0,33	120
M.L.	77	0,20	0,05	0,12	0,08	0,36	100
K.O.	82	0,10	neg 0,20	0,14	0,12	0,31	83
K.O.	83	0	- 0,05		0,14	0,38	73
H.T.	82	0,40	neg 0,70	0,16	0,11	0,36	85
J.M.	81	0	0,05	0,14	0,09	0,33	103
W.H.	84	0,10	pos 0,10	0,18	0,06	0,30	104
G.M.	86	0,30	- 0,05	0,09	0,08	0,34	106

Tabelle 8: Einzelbefunde im Telemetrie-Ekg bei alten Menschen.
Nach einer Minute Pause, im Sitzen

Name	Alter	ST-Senkung (mV)	T-Wellen (mV)	P Q (sec)	Q R S (sec)	Q T (sec)	Frequenz/ min
St. J.	63	0,05	neg 0,10	0,15	0,06	0,30	95
Sch. W.	66	0,10	neg 0,10		0,07	0,32	110
v. Sch. M.	66	0,10	pos 0,05	0,12	0,08	0,30	89
Th. M.	64	0,10	0,05	0,20	0,08	0,42	70
K. B.	60	0,10		0,18	0,06	0,34	84
F. E.	67	0	0,80	0,14	0,16	0,48	51
M. G.	79	0,15	0,15	0,14	0,10	0,42	85
G. H.	76						
K. G.	70	0,20	0,20	0,20	0,09	0,43	63
F. H.	70						
B. W.	74	0,10	0,10	0,12	0,07	0,34	79
H. H.	79	0,05	0,05	0,14	0,10	0,38	79
H. M.	78	0,05	0,15	0,20	0,07	0,30	86
H. E.	75	0,05	0,05	0,14	0,08	0,40	82
J. F.	76	0,20	0,10		0,10	0,37	84
N. G.	72						
H. H.	78	0	0,10	0,17	0,07	0,31	77
M. E.	73	0,40	neg 0,60	0,17	0,16	0,40	69
M. G.	71	0,10	neg 0,10	0,13	0,10	0,36	81
M. A.	74	0,25	0,10		0,08	0,37	78
K. E.	74	0,20	0,10	0,13	0,09	0,36	76
F. M.	71	0,10	- 0,05	0,12	0,07	0,32	96
K. Ch.	77	0,10	0,15	0,16	0,06	0,35	77
B. H.	74	0,30	0,05	0,15	0,06	0,33	100
M. L.	77	0,20	0,05	0,12	0,09	0,34	94
K. O.	82						
K. O.	83	0	0,05		0,14	0,37	74
H. T.	82	0,30	neg 0,70	0,16	0,12	0,40	65
J. M.	81	0	0,05	0,14	0,10	0,34	99
W. H.	81	0,10	pos 0,10	0,17	0,06	0,29	93
G. M.	86	0,30	- 0,05	0,08	0,08	0,34	92

Tabelle 9: Einzelbefunde im Telemetrie-Ekg bei alten Menschen.
Nach zwei Minuten Pause, im Sitzen

Name	Alter	ST-Senkung (mv)	T-Welle (mv)	P Q (sec)	Q R S (sec)	Q T (sec)	Frequenz/ min
St.J.	63	0,05	neg 0,10	0,14	0,07	0,30	93
Sch.W.	66	0,10	neg 0,10		0,06	0,33	102
v.Sch.M.	66	0,10	pos 0,05	0,10	0,08	0,32	83
Th.M.	64	0,10	0,05	0,18	0,07	0,41	61
K.B.	60	0,10	0,10	0,17	0,07	0,33	85
F.E.	67	0	0,80	0,14	0,16	0,48	49
M.G.	79						
G.H.	76	0,30	0,05	0,12	0,09	0,38	72
K.G.	70	0,20	0,20	0,20	0,10	0,50	60
F.H.	70						
B.W.	74	0,10	0,10	0,12	0,07	0,32	79
H.H.	79	0	0,05	0,13	0,10	0,40	76
H.M.	78	0,05	0,15	0,20	0,09	0,35	85
H.E.	75	0,05	0,05	0,14	0,07	0,42	74
J.F.	76	0,20	0,10		0,10	0,35	84
N.G.	72	0,20	neg 0,40	0,12	0,08	0,30	100
H.H.	78						
M.E.	73	0,30	neg 0,60	0,17	0,17	0,42	68
M.G.	71	0,10	neg 0,05	0,13	0,10	0,34	78
M.A.	74	0,20	0,10		0,08	0,38	66
K.E.	74	0,20	0,10	0,13	0,10	0,36	72
F.M.	71	0	0,05	0,11	0,07	0,32	90
K.Ch.	77	0,10	0,20	0,16	0,08	0,35	78
B.H.	74	0,30	0,05	0,16	0,06	0,34	94
M.L.	77	0,20	0,05	0,12	0,09	0,36	90
K.O.	82						
K.O.	83	0			0,14	0,36	63
H.T.	82	0,30		0,16	0,11	0,40	65
J.M.	81	0		0,14	0,09	0,34	99
W.H.	84	0	pos 0,10	0,15	0,08	0,30	88
G.M.	86	0,30	- 0,05	0,09	0,09	0,35	82

Tabelle 10: Einzelbefunde im Telemetrie-Ekg bei alten Menschen.
Nach drei Minuten Pause, im Sitzen

Name	Alter	ST-Senkung (mV)	T-Welle (mV)	P Q (sec)	Q R S (sec)	Q T (sec)	Frequenz/ min
St. J.	63	0,10	neg 0,15	0,13	0,07	0,31	90
Sch. W.	66	0,10	neg 0,10		0,06	0,31	100
v. Sch. M.	66	0,15	pos 0,05	0,10	0,09	0,32	82
Th. M.	64	0,10	0,05	0,18	0,08	0,44	60
K. B.	60	0,05	0,10	0,15	0,07	0,34	83
F. E.	67	0	0,80	0,14	0,16	0,50	50
M. G.	79						
G. H.	76						
K. G.	70						
F. H.	70						
B. W.	74	0,10	0,10	0,12	0,07	0,34	78
H. H.	79	0	0,05	0,14	0,09	0,40	74
H. M.	78	0,05	0,15	0,18	0,09	0,34	83
H. E.	75	0,05	0,05	0,14	0,09	0,44	73
J. F.	76	0,20	0,10		0,09	0,36	78
N. G.	72	0,20	neg 0,40	0,10	0,08	0,33	92
H. H.	78	0,10	0,10	0,10	0,07	0,32	100
M. E.	73	0,30	neg 0,60	0,17	0,17	0,43	67
M. G.	71	0,10	neg 0,05	0,14	0,09	0,34	77
M. A.	74	0,20	0,10		0,08	0,40	66
K. E.	74	0,20	0,10	0,12	0,10	0,36	72
F. M.	71	0	0,15	0,12	0,08	0,32	85
K. Ch.	77	0,05	0,20	0,16	0,06	0,36	74
B. H.	74	0,30	0,05	0,18	0,07	0,35	94
M. L.	77	0,15	0,05	0,12	0,09	0,36	90
K. O.	82		0,25				
K. O.	83	0	neg 0,70	0,16	0,14	0,36	63
H. T.	82	0,30			0,11	0,40	65
J. M.	81	0	0,05	0,14	0,09	0,34	96
W. H.	84	0	pos 0,10	0,13	0,08	0,33	88
G. M.	86	0,30	- 0,05	0,10	0,10	0,36	82

Tabelle 11: Anzahl der Probanden (), die während und nach Belastung eine Zunahme der ST-Senkung von mindestens 0,1 mV aufwiesen.

Gruppe	G	T	E	S	A	1'	2'	3'
I	1	0	1	3	1	0	0	0
	5	4	6	6	6	6	6	6
II	0	2	5	9	5	2	0	0
	13	18	18	18	18	16	16	16
III	1	0	1	2	1	1	0	0
	4	6	6	6	5	5	5	5

G = Gang
T = Treppe

E = Ebene
S = Steigung

A = Ankunft
1' = 1.Minute Erholung

2' = 2.Minute Erholung

3' = 3.Minute Erholung

Tabelle 12: Anzahl und Formen der T-Wellen-Veränderungen

	G	T	E	S	A	1'	2'	3'
1. Abflachung neg. Wellen (7 in R)	1	6	2	4	4	3	3	2
2. T-Wellen-Inversion	1	2	4	5	1	1	1	1
3. Abflachung einschl. bis zur Isoelektrischen	1	7	7	11	5	3	2	1
=	21	27	30	29	28	26	27	26

R = Ruhe

G = Gang

T = Treppe

E = Ebene

S = Steigung

A = Ankunft

1' = 1. Minute

2' = 2. Minute

3' = 3. Minute

Erholung

Erholung

Erholung

Tabelle 13: Herzfrequenzmittelwerte (m), mittlere Fehler der Mittelwerte (3S) und benötigte Zeiten (T in sec).

GR	Ruhe	Gang	Treppe	Ebene	Steigung	Ankunft	1. Erholungsminute	2.	3.
I ^m 3S T	75,3 22,9	90,4 28,9 36,5	106,8 20,3 18,0	100,6 21,0 88,0	107,8 21,2 110,0	93,5 24,2	83,1 25,7	78,8 24,5	77,5 23,1
II ^m 3S T	75,1 7,9	91,5 6,5 33,8	105,0 8,1 22,8	98,7 10,3 100,0	109,8 8,1 120,0	90,8 10,0	80,5 7,1	79,7 8,1	80,2 7,8
III ^m 3S T	76,5 14,1	91,2 20,1 32,0	101,8 15,5 20,0	97,1 17,9 90,7	106,1 18,3 106,0	92,3 15,6	81,1 17,5	79,4 20,6	78,8 12,4
G ^m 3S T	75,4 6,3	91,2 6,9 34,1	104,7 7,3 20,2	98,5 7,8 92,9	108,7 7,0 112,0	92,0 8,0	81,8 7,3	79,1 7,6	79,9 7,2

GR = Gruppe
G = Gesamt

Tabelle 14: Streubreiten der Herzfrequenzen (ΔF) gegenüber den Ruhewerten.
(Minimal- bzw. Maximalwerte/min)

Gruppe	Ruhe	Gang	Treppe	Ebene	Steigung
I	49-95	5-27	15-45	17-35	20-48
II	55-100	-1-28	12-47	-8-39	19-50
III	65-92	5-33	13-43	10-43	19-50

Tabelle 15: Rhythmusstörungen - Art und zeitliches Auftreten

NAME	BEFUND IM ROUTINE-EKG	BEFUND IM TELEMETRIE - EKG	R	G	T	E	S	A	1'	2'	3'
S. W.	Vorhofflimmern	Vorhofflimmern 1 li-ventr. ES	○	○	○	○	○	○	○	○	○
v. S.	—	1 re-ventr. ES			○						
M. G.	—	Sinusarrhythm. 1 suprav. ES (Vorhof ES) paroxysm. Sin.tachykardie (Dauer= 4 sec, F= 130/min)		○	○					○	
G. H.	—	vereinzelte li-ventr. ES				○	○				
F. H.	eine ventr. ES	vereinzelte re-ventr. ES					○	○			
H. E.	—	eine supraventr. ES			○						
I. F.	Vorhofflimmerarrhythm.	Vorhofflimmerarrhythm. suprav paroxysm. Tachykardie (Dauer= 9 sec, F= 185/min)	○	○	○	○	○	○	○	○	○
N. G.	—	eine suprav. ES (Sinus- ES)					○				
H. H.	Sinustachykardie	Sinusarrhythm.	○								
M. E.	—	eine li-ventr. ES							○		
M. A.	Vorhofflimmerarrhythm.	Vorhofflimmerarrhythm eine li-ventr. ES	○	○	○	○	○	○	○	○	○
K. E.	—	Sinusarrhythm.	○							○	○
B. H.	vereinzelte ventr. ES	eine li-ventr. ES	○							○	○
K. O.	—	Vorhofflattern mit konst Blockierungsverh. — mit wechselndem Blockierungsverh vereinzelte re-ventr. ES	○	○	○			○	○	○	○
G. M.	Tachyarrhythm. absol vereinzelte ventr. ES	Sinusarrhythm. vereinzelte re-ventr. ES, dabei zweimal als Trigeminie	○				○	○			

R = Ruhe E = Ebene 1' = 1. Minute Erholung
 G = Gang S = Steigung 2' = 2. Minute Erholung
 T = Treppe A = Ankunft 3' = 3. Minute Erholung

Tabelle 16: Die Veränderungen der durchschnittlichen PQ-Dauer (in sec) in den drei Altersgruppen.

Gruppe	R	G	T	E	S	A	1'	2'	3'
I	0,146	0,142	0,142	0,142	0,150	0,152	0,158	0,146	0,140
II	0,144	0,138	0,122	0,144	0,127	0,143	0,151	0,143	0,138
III	0,134	0,135	0,132	0,142	0,138	0,142	0,137	0,135	0,132

R = Ruhe
G = Gang
T = Treppe

E = Ebene
S = Steigung
A = Anknüpfung

1' = 1. Minute Erholung
2' = 2. Minute Erholung
3' = 3. Minute Erholung

Tabelle 17: Die Veränderungen der durchschnittlichen QRS-Dauer in den drei Altersgruppen

Gruppe	R	G	T	E	S	A	1'	2'	3'
I	0,072	0,072	0,072	0,072	0,070	0,064	0,070	0,070	0,074
II	0,088	0,089	0,081	0,077	0,097	0,078	0,082	0,085	0,082
III	0,092	0,090	0,091	0,100	0,103	0,100	0,100	0,102	0,104

R = Ruhe

G = Gang

T = Treppe

E = Ebene

S = Steigung

A = Ankunft

1' = 1. Minute Erholung

2' = 2. Minute Erholung

3' = 3. Minute Erholung

Tabelle 18: Sämtliche pathologische Einzelbefunde im Telemetrie-Ekg.

Gruppe	Name	Alter	ST-Senkungen = 0,1 mV	Abnorme Befunde bei				Rhythmusstörungen	T-Veränderungen
					P Q	Q R S	Q T		
I	S.J.	63			X		X		
	S.W.	66				X	X	X	
	v.S.	66	X		X	X	X	X	
	T.M.	64	X		X	X	X		
	K.B.	60				X			
	F.E.	67							
II	M.G.	79	X				X	X	
	G.H.	76	X					X	
	K.G.	70			X	X	X		
	F.H.	70				X	X	X	
	B.W.	74	X			X			
	H.H.	79	X			X			X
	H.M.	78							
	H.E.	75	X		X	X	X	X	
	J.F.	76	X				X	X	X
	N.G.	72					X	X	
	H.H.	78			X	X	X	X	
	M.E.	73	X		X	X	X	X	
	M.G.	71				X			X
	M.A.	74	X				X	X	
	K.E.	74				X	X	X	
	F.M.	71	X						
	K.Ch.	77				X	X		
	B.H.	74				X	X	X	
	M.L.	77	X		X	X	X		
III	K.O.	82				X			
	K.O.	83	X			X	X	X	
	H.T.	82	X		X	X			
	J.M.	81				X	X		
	W.H.	84	X		X		X		
	G.M.	86		X	X			X	X

Lebenslauf

Am 9. Dezember 1945 wurde ich als erster Sohn des Bb-Beamten Josef Heindl und seiner Ehefrau Therese Heindl in Weiden geboren. 1951 trat ich in eine Weidener Volksschule ein und wechselte 1956 an die dortige Oberrealschule über, an der ich nach neun Jahren das Reifezeugnis erlangen konnte.

Das Medizinstudium begann ich nach einem naturwissenschaftlichen Semester im Sommersemester 1966 an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg.

Im Wintersemester 1966/67 legte ich die naturwissenschaftliche Vorprüfung und im Sommersemester 1968 die ärztliche Vorprüfung ab.

Am 23. Mai 1969 heiratete ich die Studentin Beate Kühnhackl.

Während der Zeit des klinischen Studiums famulierten ich je vier Wochen an der Chirurgischen Abteilung des Städtischen Krankenhauses Weiden, an der Universitäts-Kinderklinik Erlangen und an der Medizinischen Poliklinik der Universität Erlangen.

Am 13. Sept. 1971 begann ich das Medizinische Staatsexamen, das voraussichtlich im Februar 1972 beendet sein wird.

Prüfung bestanden am 11. Februar 1972.

Offsetdruck-Fotodruck

J. Hogl, 8520 Erlangen Hauptstr. 109, (Nähe Martin-Luther-Platz) Tel. 22990